无线电爱好者丛书

家用录像机原理详解

本书编写组　编著



人民邮电出版社

无线电爱好者丛书

家用录像机原理详解

本书编写组　编著

人 民 邮 电 出 版 社

登记证号(京)143号

内 容 提 要

本书由国内从事录像机研究、生产的第一线专家、技术人员编写，全面系统地介绍了家用录像机的基本知识、设计思想和工作原理。

全书共分十一章。第一、二章介绍了家用录像机的基础知识、主要格式分类及其一般原理；第三至第十章则分别介绍了视频系统、伺服系统、音频系统、控制与定时系统、机械系统、视频磁头鼓组件以及高频系统、电源电路、显示电路、红外遥控电路的作用、组成与工作原理；最后，第十一章详细剖析了日立VT-427(747)E录像机的电路与机械系统，附有大量实测数据。

本书分析透彻、讲解全面，适合广大无线电爱好者，录像机研究、生产和维修人员，有关院校师生学习参考。

无线电爱好者丛书

家用录像机原理详解

JIAYONG LUXIANGJI YUANLI XIANGJIE

本书编写组 编著

责任编辑 贾安坤

*

人民邮电出版社出版发行

北京东长安街27号

中国铁道出版社印刷厂印刷

新华书店总店科技发行所经销

*

开本:787×1092 1/16 1994年3月 第一版

印张:30.25 1994年3月 北京第1次印刷

字数:758千字 插页 2 印数:1—5000册

ISBN7-115-05042-2/TN·676

定价: 24.00 元

中国电子学会《无线电爱好者丛书》

编　委　会

名誉主编：孟昭英

主　　编：牛田佳

副 主 编：宁云鹤

编　　委：（以姓氏笔画为序）

王尔乾　王明臣　刘　诚

刘宪坤　安永成　孙彦昕

郑人杰　武世鹏　赵连凯

无线电爱好者丛书前言

众所周知，迅速发展着的无线电电子技术，是一门应用十分广泛的现代科学技术。它的发展水平和普及程度是现代化水平的重要标志。为了普及电子技术知识，培养更多的无线电爱好者，适应现代化建设的需要，中国电子学会和人民邮电出版社约请有关专家编写了这套《无线电爱好者丛书》。

本丛书从无线电爱好者的实际条件出发，按照理论联系实际的指导思想，深入细致地讲述各种无线电元器件和常用电子电路的原理；介绍各种家用电器、电子设备（如收音机、扩音机、录音机、电视机、录像机、电子计算机、计算器、复印机、电子相机、常用电子仪器仪表、电子钟表、电冰箱、空调器、洗衣机、吸尘器、电风扇、电热器具等）的工作原理、制作技术、使用和维修方法，为无线电爱好者提供所需的各种技术资料及有关工具书，使读者通过阅读本丛书和不断动手实践，能逐步掌握应用电子技术的基本技能。本丛书的读者对象是各行各业的广大无线电爱好者。

我们衷心希望广大电子科学技术工作者、专家、学者和无线电爱好者，对这套丛书的编辑出版工作提出宝贵意见，给予帮助。让我们共同努力，为普及无线电电子技术，为实现我国现代化做出贡献。

前　言

录像机在社会各个领域里的广泛应用，极大地丰富了人类的物质文化生活。国内家用录像机的生产、应用和维修近年来更是发展迅猛，成为家电行业发展的又一热点。

为了普及录像机的基础理论知识，培养更多的维修、设计和应用人材，在北京电视设备厂、人民邮电出版社等有关部门的大力支持下，在北京电视设备厂总工程师武世鹏同志的具体组织下，由国内录像机重点生产厂家和研究单位的数名专家、技术人员，结合各自所长，共同编写了本书。

其内容包括：基础知识；格式分类与一般构成原理；家用录像机各系统的作用、组成与工作原理；日立VT－427(747)E录像机实际电路与机械系统分析等。本书介绍以定性为主，同时辅以必要的定量分析，内容上具有一定深度和广度，以便使读者通过学习，掌握现代录像技术的基本思想，打下比较扎实的理论基础。

参加本书编写的人员如下：

第一、二章：　北京电视设备厂教授级高工　武世鹏

第三章：　上海录音器材厂高级工程师　蒋忠钦

第四章：　北京电视设备厂高级工程师　陈振山

第五章：　北京电视设备厂工程师　夏正炎

第六章：　北京电视设备厂工程师　宋燕欣

第七章：　清华大学电子工程系　副研究员　周宏朴

第八章：　大连华录工业公司高级工程师　闫承武

第九、十章：　北京电视设备厂工程师　周唯成

第十一章：　南京无线电厂高级工程师　於志根

由于录像机技术发展很快，其涉及的领域很广，加之时间仓促，错漏与不妥之处，希望读者批评指正。

本书编写组

目　　录

第一章　磁带录像机基础知识……(1)
1.1　基本磁学知识……(1)
1.2　磁性录放原理……(4)
1.3　录放视频信号的技术措施……(13)
1.4　家用录像机的实用技术措施……(19)
第二章　家用录像机的主要格式及其一般原理……(24)
2.1　彩色电视制式与录像机格式……(24)
2.2　VHS 系列录像机的格式标准与技术参数……(29)
2.3　8mm 系列录像机的格式标准与技术参数……(40)
2.4　VHS 录像机的功能与组成……(46)
第三章　视频系统……(54)
3.1　概述……(54)
3.2　视频系统的组成……(56)
3.3　亮度信号的记录电路……(58)
3.4　亮度信号的重放电路……(65)
3.5　亮度信号处理通道电路实例……(75)
3.6　色度信号的记录与重放电路……(77)
第四章　伺服系统……(85)
4.1　概述……(85)
4.2　伺服系统的组成……(88)
4.3　模拟伺服系统电路工作原理……(89)
4.4　数字伺服系统电路工作原理……(97)
4.5　电机驱动电路……(103)
4.6　特技重放伺服……(110)
第五章　音频系统……(117)
5.1　概述……(117)
5.2　音频系统的组成……(118)
5.3　音频磁头组件及全消磁头……(120)
5.4　自动电平控制(ALC)电路……(121)
5.5　偏磁及抹音电路……(122)
5.6　频率补偿(校正)电路……(123)
5.7　典型音频系统电路实例……(125)
5.8　高保真(Hi—Fi)音频系统……(128)
第六章　控制与定时系统……(133)
6.1　概述……(133)

6.2 控制与定时系统的组成 …… (133)
6.3 系统微处理机及其工作原理 …… (136)
6.4 系统程序开发设计 …… (138)
6.5 系统检测原理 …… (144)
6.6 机械动作控制原理 …… (153)
6.7 电路控制原理 …… (161)
6.8 定时器微处理机工作原理 …… (167)
第七章 机械系统 …… (170)
7.1 概述 …… (170)
7.2 机心的走带系统 …… (176)
7.3 主导轴、压带轮及阻尼轮部件 …… (179)
7.4 张力调整机构 …… (184)
7.5 带盘机构 …… (188)
7.6 加载机构 …… (197)
7.7 带轮制动器 …… (201)
7.8 盒带仓 …… (206)
7.9 音频抖晃率与机心的关系 …… (209)
7.10 小型录像机及摄录一体机机心 …… (216)
7.11 VHS型录像机机心的新发展 …… (219)
第八章 视频磁头鼓组件 …… (226)
8.1 视频磁头鼓组件的组成 …… (226)
8.2 磁头鼓组件结构中的二个重要参数 …… (227)
8.3 磁头鼓组件的主要技术要求 …… (228)
8.4 上、下磁鼓体的要求 …… (229)
8.5 速度与相位检测装置 …… (232)
8.6 旋转变压器 …… (233)
8.7 磁头鼓电机 …… (234)
8.8 磁头鼓组件的振动 …… (234)
第九章 高频系统 …… (236)
9.1 电子调谐器 …… (236)
9.2 中频单元电路 …… (245)
9.3 RF(射频)变换器 …… (259)
9.4 数字频道预置电路 …… (266)
第十章 辅助电路 …… (279)
10.1 电源电路 …… (279)
10.2 显示电路 …… (294)
10.3 红外遥控与接收电路 …… (301)
第十一章 日立VT－427(747)录像机电路及机械系统分析 …… (313)
11.1 概述 …… (313)
11.2 VT－427E的视频系统 …… (320)

11.3 VT－427E 的音频系统 …………………………………………………… (361)
11.4 VT－427E 的伺服系统 …………………………………………………… (363)
11.5 VT－427E 的控制与定时系统 ……………………………………………… (396)
11.6 VT－427E 的机械系统 …………………………………………………… (431)
11.7 VT－427E 的电源电路 …………………………………………………… (449)
11.8 VT－747E 录像机中采用的若干新技术 …………………………………… (452)

第一章　磁带录像机基础知识

磁带录像机是记录、储存和重放电视图像的一种设备。从技术角度看，上述三个过程又可归纳为以下两个转换过程：

电一磁转换过程(记录、存储过程)，在此过程中把随时间变化的电视信号转换为随磁带长度变化并记录在磁带上的磁信号，以进行保存。

磁一电转换过程(重放过程)，这是电磁转换的逆过程。在此过程中把记录在磁带上的随空间变化的磁信号复原成随时间变化的电视信号，以便进行显示或作其它技术处理。

表面看来，上述两种转换过程与磁带录音非常相似。但是由于电视信号在频带宽度、时基抖动等方面的要求远远高于音频信号，因此磁带录像技术也远比录音技术复杂，必须结合彩色电视信号的要求进行更加全面的考虑和更加复杂的技术处理。为此，本书首先介绍一些有关磁带录像机的基本知识，以便为阅读后面各章奠定基础。

1.1　基本磁学知识

在分析磁性录放过程之前，我们必须首先回顾一下基本的磁学知识。

大家知道，磁场就是磁性存在的空间，在载流导体的周围存在着磁场，在磁化物体，例如磁铁的周围也存在着磁场。因此，凡有电流的地方必然伴随着磁场。其实，磁铁周围的磁场从根本上说也是由电流产生的，不过这个电流回路存在于磁铁之中，它的尺寸只有原子大小而已。大家知道，一个原子至少要有一个电子围绕着原子核在轨道上旋转，这就形成一个微小的电流环。这个电流环的周围就伴随着磁场。所以我们可以想象所有的物质都可能有磁效应，但是由于各原子中电子层数、轨道的不同及其它因素，这种效应在大多数物质中都是很微弱的，只有一些物质，例如铁、钴、镍等，具有很强的磁效应。按照物质的这种磁性质，可以把物质分为抗(反)磁性物质、顺磁性物质、铁磁性物质三类。其中抗磁性物质和顺磁性物质的磁效应均很微弱，只有铁磁性物质表现很强的磁效应。铁磁效应的性质大体上可以归纳为以下三点：

① 磁场中放入铁磁性物质后，在铁磁体中的磁力线密度——即磁感应强度 B 将比没有铁磁体时的 B 增大数百倍至数千倍(也就是说铁磁体中的磁场比非铁磁体中的磁场大大加强)。

② 磁场中放入铁磁物质后，铁磁物质中的磁感应强度 B 和磁场强度 H 不是简单的线性关系，而是非线性关系。即铁磁物质的磁导率不是常数，而是与磁场强度 H 大小有关的变量。

③ 在外磁场消失后，铁磁物质并不完全失去磁性，而仍然能保留一部分磁性，这叫作剩磁，剩磁大小与材料有关。

在录像机中，磁头和磁带的关键部分都是铁磁性物质，因此性能优良的铁磁性材料的制造和加工便成为提高录像机性能的关键技术。

1.1.1 描述磁场特性的物理量

上面，我们已经提到了若干个有关磁场的基本物理量，这些物理量在后面介绍磁头、磁带、录像机新技术新格式时经常要用到，因此应该首先对他们的物理意义和单位进行一些简单的阐述。

① 磁感应强度 B：磁感应强度又称为磁通密度，它是描述磁场中各点磁场强弱和方向的物理量，是一个向量。根据磁场的特性，当一个载流导体放在磁场中时，磁场会对该载流导体产生一作用力 F。F 的大小与载流导体的长度 l 和流过导体的电流 I 有关，也与该处磁场的强弱与方向有关，亦即与该处的磁场的磁感应强度 B 有关，因此定义为：$B=F/Il$。磁感应强度 B 的方向与磁场方向一致。按照左手定则来确定 B、F 与 I 三者的关系是：B 的方向正对掌心，I 的方向顺着四指方向，则拇指指示 F 的方向。

我国法定单位制中，B 的单位是 T(特斯拉)，$1T=1V\cdot s/m^2$（1 伏·秒/米^2）。其中 V·s 称为 Wb(韦伯)，为磁通单位。在实用单位制中 B 的单位是 Gs(高斯)。

两种单位的换算关系是：$1Gs=10^{-4}Wb/m^2$

$=10^{-4}T$

② 磁通量 ϕ：磁感应强度对面积的积分，称为穿过面积 S 的磁通量。

$$\phi=\int BdS$$

显然，在均匀磁场中，磁通量等于磁感应强度 B 和它垂直方向的面积 S 的乘积。

$$\phi=BS$$

在我国法定单位中，ϕ 的单位是 Wb(韦伯)。

在实用单位制中，ϕ 的单位是 MX(马克斯韦)，$1MX=1Gs\cdot cm^2$（高斯·厘米^2）。1MX 表示各点磁感应强度均匀为 1Gs(高斯)时，通过 $1cm^2$ 的磁通量。

两种单位的换算关系是：$1MX=10^{-8}Wb$。

③ 磁导率 μ：磁导率 μ 是衡量物质导磁性能的一个系数。真空中的磁导率 μ_0 是一常数，$\mu_0=4\pi\times10^{-7}H/m$（亨利/米）。任一媒介质的磁导率 μ 与 μ_0 的比值称为相对磁导率 μ_r。相对磁导率是没有单位的，它的物理意义是在同样的磁场强度下，某媒介质中的磁感应强度是真空的多少倍。

$$\mu_r=\frac{\mu}{\mu_0}=\frac{B}{H\mu_0}$$

④ 磁场强度 H：磁场强度是描述磁场强弱的物理量。磁场的强弱与产生磁场的磁源以及媒介质的分布有关，而与放入磁场中的载流导体无关。在均匀的媒介质中，磁场的这种特性可以用磁场中某点的磁感应强度 B 和媒介质的磁导率 μ 来表示，称之为该点的磁场强度 H。磁场强度的方向与磁感应强度的方向相同，磁场强度的大小为：

$$H=B/\mu=B(\mu_r\mu_0)$$

在我国法定单位中，磁场强度(H)的单位是 A/m(安每米)。

在实用单位制中，H 的单位是 Oe(奥斯特)。

两者的换算关系是：1A/m(安每米)$=4\pi\times10^{-3}$Oe(奥斯特)。

1.1.2 磁滞曲线

如前所述，在相对磁导率 μ_r 远大于 1 的铁磁性物质中，B 与 H 的关系是非线性的。为此，

经常要用到描述这种非线性关系的一条曲线，这条曲线叫做磁滞曲线。它是表达录像机中磁头与磁带性能好坏的一条重要的曲线。

磁滞曲线是表示在交变外磁场强度作用下铁磁性物质的磁化过程的一条曲线。若外磁场强度用 H 表示，铁磁体被磁化的磁感应强度用 B 表示，则典型的曲线如图 1—1 所示。在图中，当磁化开始时，铁磁体的磁感应强度 B 随着外磁场强度 H 的增加，按 O-a-b-c-d-s 曲线上升，当 H 增加到磁场强度 H_m 时，铁磁体的磁感应强度 B 达到饱和值 B_m，这时再继续加大 H 数值 B 值不再增加。B_m 称为饱和磁感应强度，H_m 是使铁磁体的磁化达到饱和时的外磁场强度。如果这时减小外磁场强度 H，铁磁体的磁感应强度并不沿着原路 S-d-c-b-a 变化，而是沿曲线 s-e 变化。这儿可看到，当外场强度由 H_m 减小到零时，铁磁体的磁化状态并不恢复到零，而是存在一个剩余磁感应强度 B_{rm}值。B_{rm}称为最大剩余磁感应强度（简称剩磁）。若要去掉这一剩磁，则需加一反方向的外磁场强度—Hc 才能使铁磁体的磁感应强度 B 沿 e-f-g 曲线变化到零。这一反向磁场强度 Hc 称之为矫顽力。若反向磁场强度和数值超过矫顽力继续增加时，则铁磁体就沿曲线 g—h—s' 反方向磁化，直到反向饱和。这时若再改变外磁场方向，铁磁体的磁化状态将沿曲线 s'-e'-f'-g'-h' 重新回到 s，构成一个闭合回线，这个闭合回线称为磁滞曲线或磁滞回线。其中 O-a-b-c-d-s 曲线称为初始磁化曲线，O-s' 称为反向初始磁化曲线。

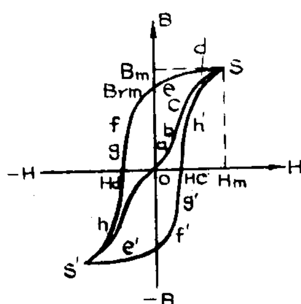


图 1—1　磁滞曲线

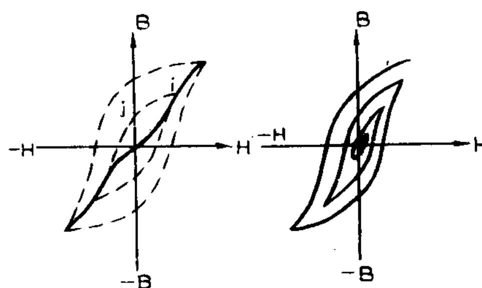


图 1　2　交流消磁过程

如果磁化从零开始，其变化过程将如图 1—2 所示。把外磁场强度 H 增加到 i 点以后就开始减少 H 值，这时磁感应强度 B 就会沿着另一条曲线 i-j 下降。改变 H 值的大小和方向，可以形成面积较小的磁滞曲线。若交变磁化的磁场强度的幅度在变化过程中是逐渐减小的，则会得到一圈圈逐渐减小的磁滞曲线，最后缩成一个包围原点的极小的回形线，如图 1—2 所示。

可以看出，利用上述图 1—1 磁滞曲线中的剩磁特性可以把信号记录和储存在磁性体上，而利用图 1—2 的特性就可以实现用交变磁场消去剩磁、亦即消去记录在磁性体上的信号，这就是磁性记录和消磁的原理。

1.1.3　硬磁性物质和软磁性物质

按照磁滞曲线中矫顽力 Hc 和剩余磁感应强度 Bc 的大小，铁磁物质可以分为硬磁性和软磁性两类。

硬磁性物质的特点是：受到外磁场作用后，能保存较强的剩磁，并且不易退磁。这种材料的磁滞曲线所包围的面积大，矫顽力 Hc 大，剩磁感应强度 B_r 大，磁滞现象显著。所以这种材料特别适于作为储存磁信号的载体，亦即作为在磁性记录中磁带上的磁粉使用。

在 VHS 等家用录像磁带用的磁粉材料有 CrO_2、含钴的 r－Fe_2O_3 等，它们的矫顽力高达几

百 Oe(奥斯特)*。在 8mm 系统、MⅡ 等录像机采用的金属磁带中的主要材料是 Co-Fe,其矫顽力高达 1500Oe(奥斯特),磁滞曲线的矩形比较好,是典型的硬磁性材料。

软磁性物质的特点是:容易磁化也容易去磁,这种材料的磁滞曲线较窄,但磁导率大,矫顽力小。因而是制作磁头的理想材料,现在常用的磁头材料有玻莫合金、各种铁氧体材料、铁铝硅合金(Sendust)等。

1.2 磁性录放原理

磁带录像与磁带录音都是利用磁性录放原理来记录和重放信息的,因此两者有很多相同之处。但是与音频信号相比,视频信号的频率范围宽得多,因此录放视频信号时,视频磁头不但工作在长波长记录范围,而且也工作在短波长记录范围,这是录放视频信号时必须考虑的特点。

1.2.1 磁性记录原理

磁性记录主要是通过视频磁头和磁带完成的。实现磁记录的电磁能转换的器件称作磁头,它是在带有间隙的环形铁芯上绕有一组线圈的电磁铁,其结构示于图 1—3 中。

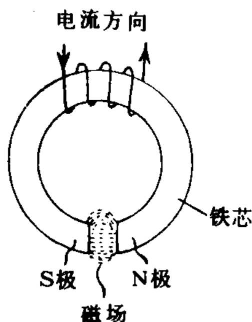


图 1—3 视频磁头

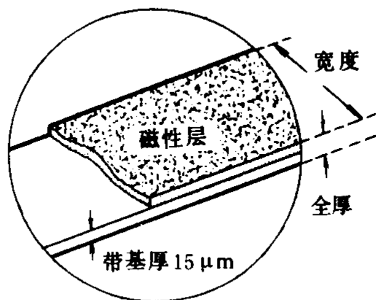


图 1—4 磁带的构成

存储图像和声音信息的载体叫磁带,视频磁带是在塑料带基上涂有磁性层的软带。塑料带基一般用聚脂薄膜,磁性层物质常用 CrO_2 或含钴氧化铁。磁粉要求有较高的矫顽力和剩磁,磁粉颗粒呈椭圆形。一般磁带的结构图如图 1—4 所示。

当信号电流通过磁头线圈时产生磁场,使铁芯中感应出相应的磁通。由于磁头缝隙处磁阻大,所以在此处的磁力线会溢出一部分,在缝隙周围产生漏磁场。当磁头缝隙与磁带接触时,由于磁带磁性层的磁阻很小,所以磁力线经过磁带磁性层构成闭合磁路,使磁带上与磁头缝隙接触处的磁性层磁化。如果令磁带以一定的速度相对于磁头移动,则被磁化的磁性层离开磁头缝隙后,就留下与磁头内的磁通成正比例的剩磁,这样的一条剩磁痕迹叫磁迹。

磁性记录原理示于图 1—5 中,当信号电流的幅度和频率变化时,磁头铁芯内的磁通量相应地变化。如果磁带以一定的速度 V 相对于磁头移动,那么在磁带上就会留下与信号电流相对应的剩磁。这样,就把随时间而变化的电信号转换为随长度而变化的磁信号,并在磁带上记录和保存下来。

在记录信号的一个变化周期内磁带走过的长度叫记录波长。记录波长和磁头磁带相对速

* 由于目前国际上对磁带录像机的技术书刊及机器的说明书中多采用实用单位制,故本书中也仍采用实用单位制。

度V成正比，和被记录的信号频率成反比：

$$记录波长\ \lambda=\frac{磁头磁带相对速度\ V}{信号频率\ f}$$

记录波长是后面经常要用到的一个重要技术概念。

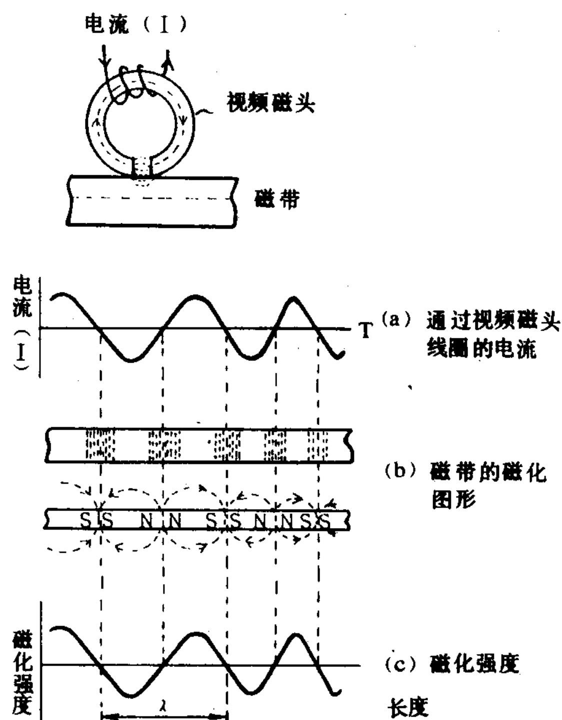


图 1—5 磁性记录过程

1.2.2 记录视频信号过程中的各种损耗

如前所述，记录过程时，在磁带与磁头接触并作相对运动的同时，磁头线圈上的电流随输入信号而变化，使得在磁头缝隙处产生的漏磁场与信号电流大小成正比，并使磁带受到该磁场的作用而被磁化。然而这只是一种理想的简单化的过程。实际上，磁性记录情况会受到记录波长、磁头缝隙宽度、磁带磁性层厚度、矫顽力等因素的影响而产生各种影响信号记录质量的损耗。因此我们必须考虑这些因素的作用，才能正确地了解磁带记录系统。

1. 高频记录去磁损耗

与音频信号相比，视频信号具有频带宽和频率上限高的特点。所以在记录视频信号时，要根据记录信号频率的不同分为两种情况进行分析：

(1) 长波长记录

在记录频率f很低和记录波长λ远大于磁头缝隙g时，称为长波长记录，这时满足下列关系式

$$\lambda \gg g$$

由于 $f=\frac{v}{\lambda}$ 所以 $f \ll \frac{v}{g'}$

其中 λ——记录波长；

g'——磁头缝隙处磁场有效宽度；

f——记录信号频率；

v——磁头磁带相对速度。

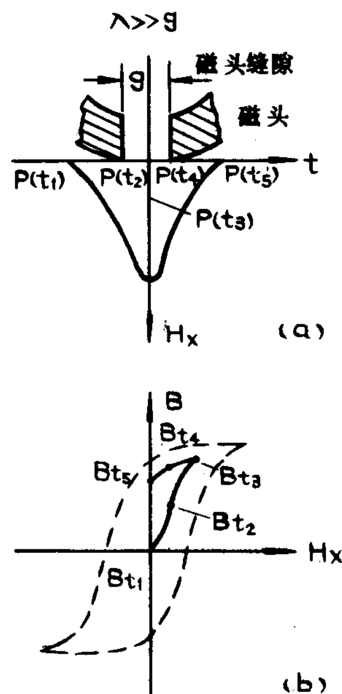


图 1—6 长波长记录的磁场分布

从物理意义上看，这时可以认为磁带上的某一点通过磁头缝隙处的磁场有效宽度的时间内，磁场强度的分布基本不变。由于磁带是匀速地与磁头作相对运动的，因此磁带上的这一点所受到的磁场作用仅仅是空间的函数，它单调地增加到最强，然后再单调地减小，并在磁带上得到与这瞬间磁场分布相对应的剩磁。在图 1—6 中画出了只考虑H_x的作用时磁场强度H_x的分布和磁带上某点P被磁化的过程：当磁带P点移动到$P(t_1)$时开始受到磁场作用，随着时间t的变化和P点的移动，磁场强度逐渐增加，到达磁头缝隙中心点$P(t_3)$处时，H_x达到最大，然后随着P点移动，H_x逐渐减小，到达$P(t_5)$处时，H_x等于零。在图 1—6(b)中可以看出P点的磁感应强度是沿着B_{t1}、B_{t2}、B_{t3}、B_{t4}、B_{t5}变化的。当P点离开磁头缝隙移动到$P(t_5)$处时，虽然$H_x=0$，但是磁带上却保留了剩余磁感应强度B_{t5}。

(2) 短波长记录

在记录频率 f 比较高，记录波长 λ 等于或接近磁头缝隙 g 时，称之为短波长记录，这时满足下列关系式

$$\lambda \leqslant g, f \geqslant \frac{v}{g'}$$

短波长记录时的情况比较复杂，当磁带上某一点通过磁头的有效磁场范围时，由于记录信号的频率很高，变化很快，所以磁场强度的分布，包括方向都可能在此期间改变。因此磁带上该点所受到的磁场作用不仅与位置有关，而且与信号变化(时间)有关，是空间和时间两个变量的函数。为此，必须求出 H_x 与时间和长度两者的关系，才能确定磁带上该点的剩磁强度。

短波长记录视频信号时磁头缝隙间的磁场分布和磁化曲线示于图 1—7。从图中可以看出，在此情况下，由于信号频率很高，变化很快，所以在磁带某一点通过磁头缝隙 g 的期间内，信号幅度大小和极性都会变化，相应地会引起磁头磁场极性反转，使磁带上已录的剩磁部分被反磁场抵消，产生去磁现象，这称为"高频记录去磁"。在录像机中，视频磁头主要工作在短波长记录范围，所以"高频记录去磁损耗"是视频磁头主要的记录损耗之一。为了减小这种损耗，设计视频磁头时必须把磁头缝隙做得很小，这就使视频磁头的加工难度大大超过了音频磁头。

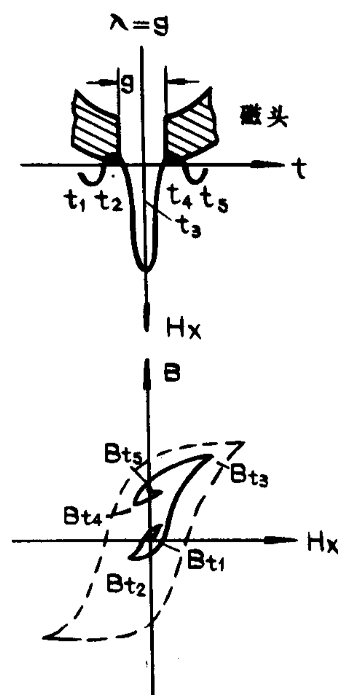


图 1—7 短波长记录的磁场分布

2. 自去磁损耗

记录了信号的磁带在离开磁头的磁场范围后，磁带上邻近各点的剩磁极性因其极性相反而相互产生自消磁现象，使剩磁减弱，而形成自去磁损耗。这种损耗与磁带厚度、记录信号的频率以及磁粉的矫顽力有关，磁层愈厚，信号频率愈高，矫顽力愈小，损耗就愈大。

3. 磁带磁性层厚度损耗

磁带磁性层厚度损耗也是一种高频记录损耗。

在长波长记录时，磁带磁性层厚度 δ 远小于记录波长 λ，因此磁带磁性层全部厚度的磁化都是均匀的。重放时，磁带的磁性层与磁头接触而形成闭合磁路，在闭合磁路中的总磁通量与磁带磁性层厚度成正比，因此长波长记录时不会产生"磁性层厚度损耗"。

在短波长记录时，磁带记录的剩磁深度随着记录波长的减小而变浅，磁带磁性层表面与内部的剩磁还会产生相位差，相位差的大小随记录波长减小而加大。重放时，磁带磁性层深层处的一部分磁力线不再通过重放磁头，而通过磁性层深层形成闭合回路，使输出下降，引起损耗。记录波长愈短，磁层愈厚，损耗愈大。这种损耗称为"磁性层厚度损耗"，它可以用下式计算。

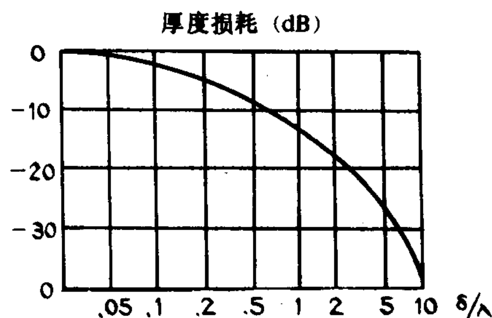


图 1—8 磁性层厚度损耗

$$L_r = 20\lg \frac{2\pi\delta/\lambda}{1-e^{-2\pi\delta/\lambda}}(\text{dB})$$

式中 λ——记录波长；

δ——磁带磁性层厚度。

图 1—8 中给出了磁性层厚度损耗 L_r 与 δ/λ 的关系曲线。

综上所述，在记录过程中主要存在着三种高频损耗，与这三种损耗有关的因素可以列表表示(表 1—1)。

表 1—1　　磁带记录时的三种损耗及其因素

损耗名称	影响因素
记录去磁损耗	磁带磁性层厚度、记录波长、磁带矫顽力、磁头工作间隙宽度。
自去磁损耗	磁带磁性层厚度、记录波长、磁带矫顽力
厚度损耗	磁带磁性层厚度、记录波长

由于视频信号的最高频率远大于音频信号最高频率，录像最短记录波长远小于录音的最短记录波长，因此记录视频信号时，要注意以下两点：

① 为减小短波长记录时的损耗，必须使用矫顽力大(H_C=400～1000A/m)、饱和磁感应强度 B_{max}高，磁性层厚度 δ 薄的磁带，有效记录深度大约为 $\lambda/4$。

② 为减小记录去磁损耗，视频磁头的缝隙宽度必须比最短记录波长小得多，VHS 录像机视频磁头缝隙为 0.3μm 以下。

1.2.3 磁性重放过程和重放特性曲线

在家用录像机中，一般都采用同一个磁头进行视频记录与重放。

重放时，在视频磁头缝隙与磁带接触的地方，磁带上的视频磁迹被磁头铁芯桥接而形成闭合磁路，这使得正比于磁带剩磁强度的磁力线通过磁头铁芯。磁头中的磁通量大小与磁头缝隙两端实际接触的部分磁带剩磁强度的平均值成正比。当按照规定的记录速度使磁头与磁带作相对运动时，磁带剩磁强度的变化引起磁头铁芯中的磁通量发生相应的变化，使得在磁头线圈中感应出与磁通量变化相对应的电动势 E，从而实现磁——电的变换过程。

必须指出，根据电磁感应定律，视频磁头感应的电动势 E 并不是与磁通量 ϕ 大小成正比，而是与磁通变化率成正比的，如下式所示：

$$E = -N\frac{d\phi}{dt}$$

式中 N——线圈匝数；

ϕ——磁通量。

首先，考虑理想的无损耗的重放情况。这是指记录波长 λ 远大于磁头工作缝隙和远小于磁头与磁带接触表面弧长的情况，即长波长记录情况。这时可以认为视频磁头对磁迹上的所有剩磁强度都能提供低磁阻磁路。

假设信号记录电流 i 是一个等幅正弦信号，信号变化的角频率为 ω，

$$i = I_m \sin\omega t$$

相应地记录在磁带上的剩磁磁通量 ϕ 可表示为：

$$\phi = \phi_m \sin\omega t$$

因此，感应电动势可表示为：

$$E=-N\frac{d\phi}{dt}=-N\phi_m\omega\cos\omega t$$

$$=2\pi fN\phi_m\sin(\omega t-\frac{\pi}{2})$$

$$=E_m\sin(\omega t-\frac{\pi}{2})$$

式中　$E_m=2\pi fN\phi_m$

将上式取有效值，则

$$E=2\pi fN\phi \tag{1—1}$$

上式中的 N 是磁头线圈匝数，所以是一个常数。ϕ 是磁通有效值，由于在理想的记录状态时，记录电流是一个与记录信号频率无关的固定值，因此 ϕ 值不随信号频率而变，也是一个常数。所以(1—1)式可改写为

$$E=Kf \tag{1—2}$$

式中：$K=2\pi N\phi$，为常数。

当感应电动势 E 与频率 f 均以对数表示时，

$$E(\text{dB})=20\lg kf=20\lg k+20\lg f$$

$$=k'+20\lg f$$

此处 k' 仍为常数。若频率 f 提高一倍，令 $f_2=2f_1$，则感应电势的变化$\triangle E$ 为：

$$\triangle E=E_{f2}-E_{f1}=20\lg f_2-20\lg f_1$$

$$=20\lg\frac{f_2}{f_1}=20\lg 2=6\text{dB}$$

因此，在恒流记录的情况下，理想重放磁头的感应电动势随频率的变化是一条以 6dB/oct(倍频程)斜率上升的直线。也就是说，频率每增加一倍，重放电压也增加一倍。但是，这种分析只适于理想的长记录波长的情况。如果记录频率逐渐增加，则记录波长逐渐减小，当减小到与磁头缝隙接近时，磁头缝隙就会对感应电动势产生重要影响，使重放输出电压不但不能随频率的增加而增加，反而会随频率的增加而迅速下降。下面先简单定性地分析一下记录波长对重放输出电压的影响。

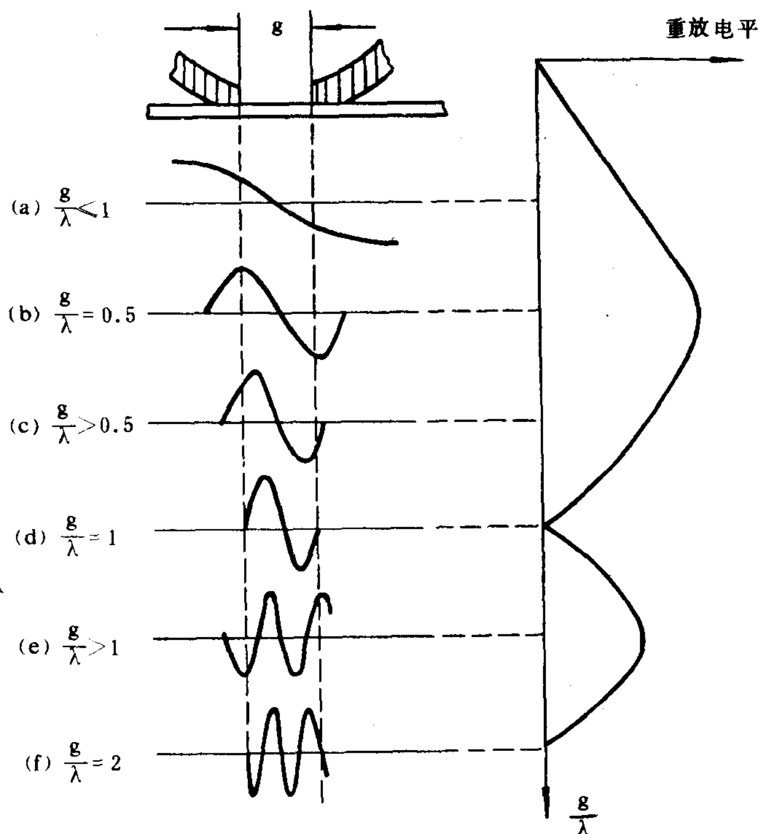


图 1—9　重放电平与 g/λ 的关系

在图 1—9 中，表示了磁头间隙 g 与记录波长之比对重放输出电压的影响。

图 1—9(a)和 1—9(b)是 $g/\lambda\leqslant 1$ 情况。这时相当于前面叙述的理想重放情况，电动势随频率升高而线性增加，每倍频程增加

6dB。当 $g/\lambda=0.5$ 时，感应电动势幅度达到最大值。

图 1—9(c)和 1—9(d)是 g/λ 大于 0.5 和 $g/\lambda=1$ 的情况，随着频率的升高和记录波长 λ 的减小，从图中可以明显看出重放磁头缝隙 g 两端实际接触的磁带剩磁通量的平均值变小，随之也引起感应电动势减小；当 $g/\lambda=1$ 时，缝隙 g 两端的磁带剩磁通量的平均值为零，所以感应电动势也为零。这时出现第一个重放电压零点。当 λ 继续减小时，在磁头缝隙 g 两端又出现了磁通量的差值，因此又出现感应电动势；当 $g/\lambda=2$ 时，出现了第二个无感应电动势的重放电压零点。

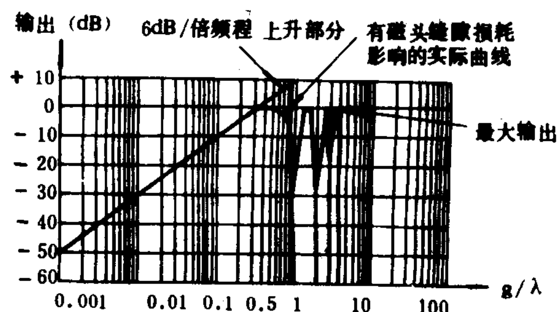


图 1—10　重放输出特性曲线

因此可以得出一条重要的特性曲线，如图 1—10 所示。由于录像机记录的视频频率范围很宽，最高频率甚至超过 10MHz，因此视频重放磁头工作在从 $g/\lambda\leqslant1$ 直到 $g/\lambda>0.5$ 的整个范围内，在这个工作范围内，录像机的重放信号电平变化很大，包括了 6dB/*oct* 上升和高频跌落两部分。因此，为了使重放的信号具有平坦的频率特性，必须进行复杂的校正。

1.2.4　重放视频信号过程中的各种高频损耗

在实际的重放过程中，当记录波长 λ 减小到接近磁头工作缝隙时，感应电动势会下降，使重放信号电平产生损耗。这种随工作频率增高而增加的信号损耗，称为高频损耗。高频损耗主要有磁头工作缝隙损耗、头带间隙损耗、重放磁头方位角损耗等。

1. 磁头工作缝隙损耗

在 1.2.3 节中已经对与磁头缝隙有关的重放特性进行了定性分析，当记录波长减小到接近 1/2 磁头缝隙 g 时，重放的感应电动势将随记录波长减小而减小。我们把这种使重放信号幅度减小的损耗称为工作缝隙损耗。由于磁头工作缝隙损耗的存在，使得在记录波长远大于磁头缝隙 g 的理想情况下，重放信号幅度随信号频率增大而增大。而随信号频率 f 的增高，磁头工作缝隙损耗使信号幅度增加的斜率降低。在 f 增加到 $g\cdot f/v=g/\lambda=0.5$ 以后，重放信号变为随信号频率的增加而减小。在 f 增加到 $g\cdot f/v=g/\lambda=1$ 时，缝隙损耗趋于无穷大，磁头重放输出幅度为零。从而出现图 1—10 的重放特性曲线。

2. 方位角损耗

在理想情况下，重放磁头与记录磁头工作缝隙的方向完全相同，这可以得到最大的重放输出。但实际上，重放磁头与记录磁头的工作缝隙方向会存在偏差（主要在异机录放的情况下），因而不能得到最大重放输出，产生所谓的方位角损耗。

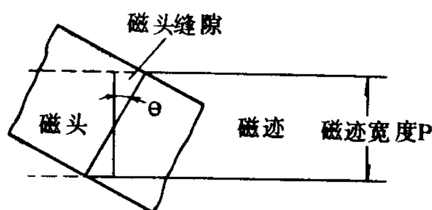


图 1—11　方位角损耗

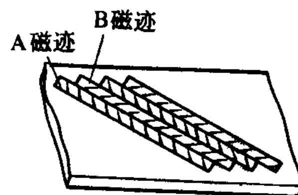


图 1—12　方位角记录

通过数学推导，可以得方位角损耗的计算公式如下：

$$L_\theta \approx 20lg\left|\frac{\pi P\theta/\lambda}{sin(\pi P\theta/\lambda)}\right|[dB] \qquad (1-3)$$

如图 1—11 所示，其中 P 是磁迹宽度，θ 是偏差角度，L_θ 是方位角损耗。从(1—3)式中可以看出，方位角损耗与磁迹宽度 P 和记录波长有关。磁迹宽度愈宽，记录波长愈短，引起的方位角损耗也愈大。

方位角损耗虽然是引起重放信号幅度减小的不利因素，但也可以利用它来提高记录密度。在 VHS 录像机中，为了提高记录密度，取消了磁迹间的隔离保护带，因此相邻磁迹间紧靠在一起。在这种情况下，为了抑制磁迹之间的重放信号串扰，巧妙地采用了方位角记录方式。

在 VHS 方式录像机中，相邻的两条磁迹的方位角是不同的，分别是＋6°和－6°，如图 1—12 所示。例如，A 磁迹记录时的方位角为＋6°，则 B 磁迹的方位角为－6°。若重放时，由于某些原因造成扫描偏差，使 A 磁头扫描 A、B 磁迹各 1/2 宽度时，由于 A 磁头缝隙与 B 磁迹的方位角不同，故对 B 磁迹的损耗很大。根据(1—3)式，可以算出对相邻磁迹信号的串扰抑制度，如表 1—2 所示。

已知：磁迹宽度为 49μm，头带相对速度是 4.87m/s，记录频率为 0.627、1、3.8、4.8MHz。

表 1—2　对相邻磁迹信号的串扰抑制度

频率 f(MHz)	记录波长 λ(μm)	串扰抑制度(dB)
0.627	7.735	13.7196
1	4.85	25.0439
3.8	1.276	42.0320
4.8	1.01	35.1852

从表中可以看出，当信号频率大于 1MHz 时，这种方法对串扰的抑制是很有效的。

3. 磁头磁带间隙损耗

在录放过程中，理想情况应该是磁头磁带之间完全紧密接触。但是实际上磁头磁带之间相接触总是存在着间隙，尤其是工作间隙的两旁，因此在磁头磁带之间存在磁阻很高的空气隙，使磁带剩磁的外泄磁通只有一部分通过磁头铁芯与线圈交连。磁头磁带之间间隙愈大，空气隙磁阻也愈大，通过磁头铁芯与线圈交连的磁通就愈少，这就会使重放输出减小。我们把这损耗称为头带间隙损耗。间隙损耗也与记录波长有关，记录波长愈短，磁头外泄磁力线的分布愈密，外泄空间的范围愈小，因此间隙损耗愈大。头带间隙损耗曲线如图 1—13 所示。

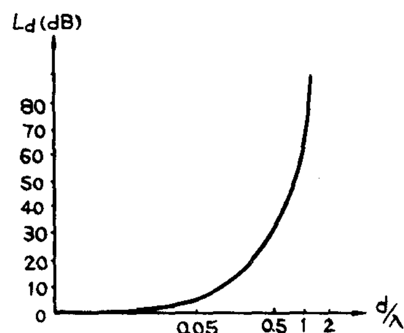


图 1—13　头带间隙损耗曲线

间隙损耗 L_d 可用下式表示：

$$\begin{aligned} L_d &= 20lge^{\frac{2\pi d}{\lambda}}[dB] \\ &= 54.6\frac{d}{\lambda}[dB] \end{aligned} \qquad (1-4)$$

式中：d 是磁头磁带间的间隙大小，λ 是记录波长。

在录像机中，实际记录的信号频率很高，最短记录波长为 1μm 左右。若要求间隙损耗小于 1dB，则要求：

$$d \leqslant \frac{\lambda}{54.6} = 0.018315\mu m$$

显然，为了保证如此微小的磁头磁带间隙，要求磁头和磁带具有非常高的表面光洁度。一般录像磁带均达到 0.05μm 左右。

综上所述，在录像机重放过程中，主要存在的损耗可见表 1—3。

表 1—3 重放过程中的主要损耗

损耗名称	主 要 影 响 因 素
磁头工作缝隙损耗	记录波长、磁头工作缝隙宽度、磁带矫顽力，磁带磁性层厚度
方位角损耗	重放磁头工作缝隙与磁迹图样的相对位置。
磁头磁带间隙损耗	记录波长、磁头磁带间的间隙

1.2.5 磁头磁带系统的实际录放特性

有了前面几节的分析基础，我们就可以归纳一下磁头磁带系统在记录和重放过程中的传递特性。

在记录过程中，影响信号记录特性的主要因素有记录去磁损耗、自去磁损耗、厚度损耗以及涡流损耗和磁滞损耗。它们都与记录频率和记录波长有关。

在重放过程中，影响重放输出信号的主要因素有：磁头工作缝隙损耗、磁头磁带间隙损耗、磁头缝隙方位角损耗、磁头缝隙不规则损耗等。它们也都与记录频率和记录波长有关。

若用一个标准扫频信号记录在磁带上，然后再从磁带上拾取并重放该扫频信号，考虑到前面介绍的各种损耗以后，便可以画出一条随记录信号频率而变化的录放传递特性曲线，图 1—14 示出了这条特性曲线。

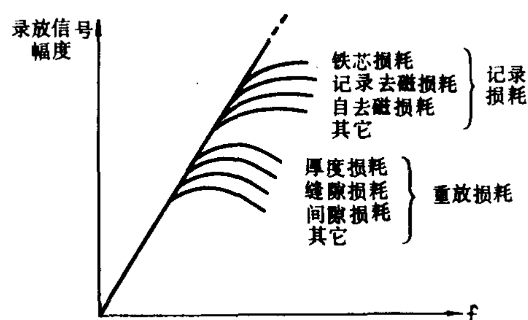


图 1—14 录放特性曲线

特性曲线的低频部分是斜率为 6dB/*oct* 的一条斜线。当频率 f 逐渐升高，到达 $\lambda=2g$ 即 $f=\frac{V}{2g}$ 附近时，曲线开始从上升变为下降。考虑到视频信号占有很宽（从直流到几兆赫）的频率范围，所以提高录放传递特性的转折点频率和减小各种高频损耗是非常重要的。为此，对磁头磁带系统提出了以下基本要求：

① 为了减小磁头缝隙损耗，要求 *VHS* 录像机的磁头缝隙为 0.3μm 以下。磁头缝隙的减小，对磁头灵敏度和信噪比提出了更高的要求。

② 要求磁头的磁导率高，磁导率高的高频特性好。

③ 要求磁带矫顽力大，饱和磁感应强度高，磁层厚度小。

④ 为了减小接触噪声和磁头磁带间隙损耗，磁头磁带表面必须十分光滑平坦，凸凹不超过 0.05μm。

1.2.6 消磁原理

磁带录像的重要优点之一是不仅能在磁带上记录和重放信号，而且还能消去磁带上的信号，重新记录。这是其它记录方法无可比拟的。在磁带上消掉信号的方法很多，在录像机中通常采用交流消磁方法。

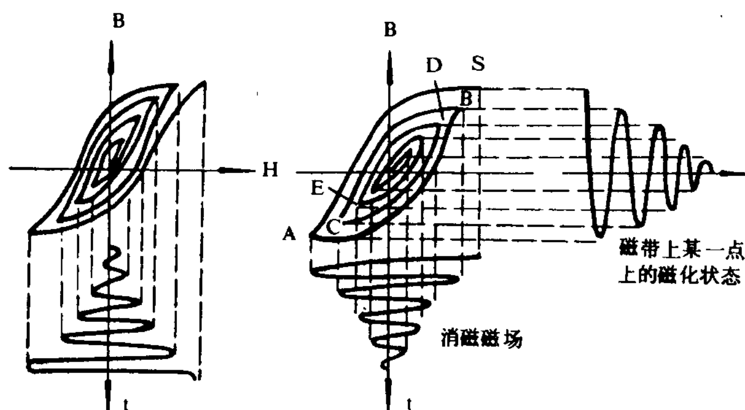


图 1—15 消磁过程

消去磁带信号的过程是：在消磁头线圈内通过高频（几十到 100kHz）消磁电流，当磁带通过消磁头产生的交变磁场时，该磁场先使磁带向某一方向磁化到饱和状态，然后又受到反方向磁化，在多次反复的磁化过程中，由于磁头与磁带作相对运动，所以对磁带上的每一点来说，都有一个交变磁场逐渐加大然后又逐渐减小的过程。在磁带上某点逐渐离开磁头的过程中，交变磁场逐渐变小，磁滞曲线所包含的面积也逐渐减小，如图 1—15 所示，依次按照 *S—A—B—C—D—E*……变化，最后使磁带上的剩余磁感应强度 *B* 为零，达到了消磁的目的。

在采用高频交流消磁时，消磁电流必须足够大，振荡波形必须严格地对称，否则磁化后会产生剩磁，影响消磁效果。在消磁过程中，消磁磁头的磁场强度应该比较缓慢地减弱，以免因磁场变化太快，使波形不对称，如 1—16 所示那样残留一分剩磁，从而造成残留噪声。为此，消磁头缝隙较宽和消磁振荡频率适当取高一些是有利的。另外，磁带磁头的相对速度与消磁质量也有关系。这些因素配合在一起，应保证磁带离开消磁磁场时，至少有 10 个以上的循环磁化过程，才能得到良好的消磁效果。

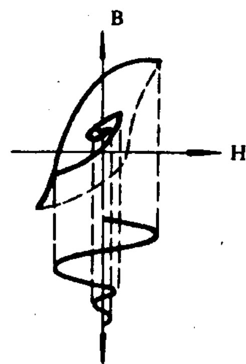


图 1—16 消磁场衰减过快形成剩磁

在普通 *VHS* 录像机中，全消磁头和消音磁头都是固定磁头。因此对它们的要求与录音机相似。例如，在 VHS 型录像机中

走带速度 $v=23.39\text{cm/s}$

消磁信号频率 $f=80\text{kHz}$

全消磁头缝隙 $g=0.1\sim0.2\text{mm}$

消磁质量 $\theta=\frac{f_g}{v}=342\sim684>300$

在具有编辑功能的录像机中，为了消除编辑连接处的三角形空白区，采用旋转式消像磁头，有关这种磁头的分析将在后面介绍。

1.3 录放视频信号的技术措施

录像与录音虽然都是在磁性录放原理上建立起来的技术，但是由于视频信号与音频信号存在着很大区别，所以实际上录像信号处理过程和录音技术也存在着一些根本性的不同。

与音频信号相比，视频信号在进行磁性录放时有以下几个必须考虑的特点：

① 视频信号包括了从直流到 5*MHz* 以上的很宽的频率范围，其上限频率和频带宽度均远高于音频信号，为此，在录像机中必须采用旋转视频磁头鼓和调频技术。

② 由于人眼视觉的敏感性，视频信号要求视频抖晃周期在 0.2μs 以下，它远小于录音机的抖晃率，为此必须采用装配与加工精度极高的磁头鼓组件和走带系统以及精密的伺服系统。

③ 在彩色电视信号中，色度信号的色调与副载频相位有关，而在录像放像过程中发生的任何微小抖晃，都会直接使得磁带上记录的副载频信号相位发生变化，因而直接对色调发生不可忽视的变化，所以在彩色录像机中必须进行特殊处理，以便正确录放彩色信号。

因此，在录放视频信号时，必须解决的关键技术问题可以归纳为：提高上限录放频率，保证必要的频带宽度；减小造成时基误差的抖晃，保证正确地复现彩色电视信号。采取的主要技术措施则可归纳为：精密的旋转视频磁头鼓、视频调频技术、精密的走带系统、伺服系统，彩色化措施。

1.3.1 提高上限记录频率的方法——采用旋转磁头鼓

根据磁性录放原理，录像机的上限记录频率主要由以下两个公式确定

$$f=\frac{v}{\lambda} \tag{1—5}$$

$$\frac{g}{\lambda}\leqslant 0.5 \tag{1—6}$$

式中，f 是录放信号频率，λ 是记录波长，g 是磁头缝隙，v 为磁头磁带相对速度。

因此可以得出，$f\leqslant v/2g$，即 $f_{max}=v/2g$

可见，提高上限频率的方法是，提高磁头磁带相对速度和减小磁头工作缝隙。

1. 减小磁头缝隙

如前所述，当记录波长 λ 等于重放磁头的工作缝隙时，重放电压等于零。因此重放磁头的缝隙必须小于记录信号的最短记录波长。再进一步考虑了各种高频损失和缝隙处磁场的边缘效应等因素后，要求磁头缝隙应小于最短记录波长的 1/2。但是磁头缝隙的减小与磁头材料和磁头制造工艺有密切关系。随着磁头材料和工艺的发展，现在磁头缝隙已经可以做到 0.1μm 左右。这给录放视频信号提供了很好的条件。但是，磁头缝隙并不是愈小愈好，工作缝隙太小不仅制造困难，而且在放像时会使耦合到磁头铁芯和线圈中的磁通量太小，降低磁头重放的灵敏度。此外，磁头缝隙还受到磁带分解力的限制，当磁带分解力已经达到极限时，减小磁头缝隙就没有意义了。因此磁头缝隙的大小要根据实际情况来确定。在 *VHS* 型录像机中的磁头缝隙 g 一般等于 0.3μm 左右，最短记录波长 λ_{min} 等于 1μm 左右，8mm 系统录像机的磁头缝隙 g 等于 0.15μm 左右，最短记录波长等于 0.4μm 左右。

2. 提高磁头与磁带的相对速度

在磁头缝隙 g 一定的情况下，磁头磁带的相对速度愈快，则上限录放频率愈高。例如，高档

S-VHS 录像机录放的视频信号频率上限为 5MHz 左右，是录音机录放频率上限 15000Hz 的 330 倍！因此在磁头缝隙相同时，直接采用提高磁带速度的方法，即走带速度提高 330 倍是不现实的。这不但使磁带用量增大到不能容忍的程度，而且走带机构也无法保证这种高速恒速的要求。为此，录像机目前均采用旋转磁头方式。在这种方式中，磁带走带速度仍然很慢，但磁头装在旋转的磁头鼓上，它相对于磁带作高速旋转。这样就可以用提高磁头旋转速度的方法来提高磁头磁带间的相对速度。

由于采用了旋转磁头，磁带上的视频磁迹不再像音频磁迹那样与磁带走带方向平行，而是形成一定的角度，如图 1—17 所示。

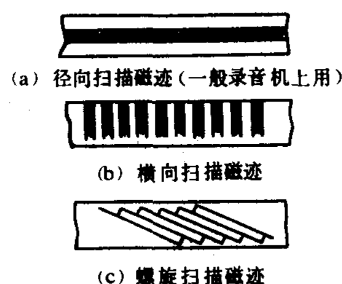


图 1—17　视频磁迹示意图

在采用了旋转磁头方式并减小了磁头缝隙后，录像机的上限记录频率就基本上达到了视频频率的要求。

3. 视频磁头鼓组件的构成

如前所述，录像机的关键技术之一是，采用旋转磁头，提高磁头磁带的相对速度。因此，往往把实现这一技术的视频磁头鼓组件，称为录像机的心脏。它的性能不仅影响着录像机的各项技术指标，而且也影响着它的使用性能和经济指标。

视频磁头鼓组件的基本作用是，配合伺服电路使视频磁头均匀平滑地旋转，它在结构上应该使视频磁头旋转时与规定的基准面保持正确的高度、角度和方位，并且能为磁带走带提供正确的轨道角度，使视频磁头在磁带上准确地扫描出符合规定方位和角度的磁迹。

在家用录像机中，因为要求磁带倾斜地以 Ω 形包绕在圆柱形的磁鼓上，故鼓体的高度必须大于磁带宽度，以便进行磁带包绕。

在视频磁头鼓中一般具有以下主要部分：

① 旋转上磁头鼓：装有视频录放磁头以及其他特殊用途的磁头、可以高速旋转的圆柱形鼓体；

② 旋转变压器：用于无触点引出上磁鼓视频磁头产生的信号；

③ 下磁头鼓：是整个磁头鼓组件的基准支撑体；在圆柱形鼓体上有确定引导磁带的走带方向和位置的引带轨迹；

④ 速度和相位检测信号发生器；

⑤ 驱动电动机。

1.3.2 加宽频带宽度的方法——采用调频记录

采用前面的两个措施后，可以达到提高录像机上限记录频率的目的。但是由于视频信号的频带宽度达 0～5MHz 以上，所以还必须解决宽频带录放问题。

从重放磁头输出特性曲线（图 1—10）中可以看出，在不考虑其它损失的情况下重放信号的幅度与录放频率成正比增加，亦即频率提高 1 倍，输出幅度增加 6dB。因此，在录像机中录放频率的上限值和下限值的比值是十分重要的一个数值。假设不考虑视频信号的直流成分，把频率范围缩小到 25Hz～5MHz，则这段范围共包括 18 个频率倍频程左右。因此，最低频率的信号重放幅度将与最高频率的信号重放幅度相差 108dB。可以看出。这个差值远大于录像机视频信号的实际信噪比数值。因此在一部分频率范围内，信号将被噪波淹没，使录放的信号质量降低。为此，要求设法减小视频信号的倍频程，亦即减小录放信号频率上限值与下限值的比值（即压缩相对频带），以解决不同频率时重放信号幅度相差太大的问题。

现在的录像机实际上都采用低载频小调制度调频方法来压缩视频信号的倍频程。这种方法的主要特点是：

第一，调频信号的载频(中心)频率选得很低，以便降低录放频率上限值。

在一般的调频广播系统中，调频载频频率均远远高于音频调制频率。但在录像机的调频系统中，考虑到磁头磁带转换特性中对上限频率的限制，调频载频频率只能选取为稍稍高于视频信号高端频率。例如VHS录像机中，视频最高频率被限制在3MHz，而调频载频频率选取为3.8 MHz到4.8MHz，仅略高于视频最高频率。

第二，调频指数 $M=(\Delta\omega/\Omega)\ll 1$，以便减小频带宽度，压缩倍频程。

在一般的调频广播系统中，为了提高调频广播的质量，调频指数均大于1。例如电视伴音调频系统中规定音频信号上限值为10kHz，频偏为50kHz，调制指数 $M=\frac{50\text{kHz}}{10\text{kHz}}=5$。

但是，根据调频原理可以知道：在调频信号的频谱中包含了载频和很多对边频分量。调制指数愈大，包含的边频成分愈丰富，占有的频带宽度也愈宽。考虑到录像机磁头磁带转换特性的限制，录放的视频调频信号不允许占有很宽的带宽，因此在录像机中采用小调制度调频方式，即 $M\ll 1$ 的调制方法。

根据调频理论可推导出，当 $M\ll 1$ 时可以只考虑一对边频，例如 *VHS* 录像机的最高录放视频频率是3MHz，那么在白电平处的调频频谱宽度是(4.8MHz±3MHz)=(1.8至7.8)MHz，在同步顶处的调频频谱宽度是(3.8MHz±3MHz)=(0.8至6.8)MHz。因此，全信号占有的调频频谱范围是0.8至7.8MHz，大约相当于3个倍频程。这样就解决了由于视频信号倍频程太大而产生的低频端信噪比太差的问题。实际上，VHS录像机磁头磁带的记录上限频率约为6至7MHz，所以调频信号中的高端频率将在录放过程中被抑制，使录像机调频系统具有低载频、小调制度和残留边带传输的三个特点。

限于篇幅，这里不对视频信号在录像机中进行调频的方法进行更详细的分析。下面再说明一下视频信号调频后再记录所形成的与录音机不同的特点。

如所周知，在磁性记录的电磁变换过程中，由于磁滞曲线不是直线，不可避免地会发生非线性失真，因此在录音机中，为了消除记录时的非线性失真，都要采用交流偏磁或直流偏磁。录像机与录音机不同之处在于，视频信号是在频率调制后才进行记录的，虽然由于磁滞曲线的非线性，同样地也会使调频载波出现许多高次谐波成分，但这些高次谐波的频率都很高，因超出了录像机的重放信号频带有效范围而被衰耗掉了，所以几乎可以把调频的载波看成为正弦波，不存在波形失真，不必另加偏磁。

由于磁滞曲线的非线性只引起高于二次谐波的失真，而高于二次谐波的频率分量都远远超过录像机的录放频率宽度，将受到很大的高频损耗，因此可以忽略其影响。

另外，在用视频信号进行频率调制后，调频波的载频和上下第一边带同时被记录，它们之间会发生相互作用，上边带作为高频成分会对下边低频成分起交流偏磁作用，因此下边带分量的重放信号将比上边带的重放信号幅度大。也就是说，在磁性录放过程中，对调频信号来说，有抑制上边带和提高下边带的效应，因此在录像机的视频录放系统中必须考虑这个效应。

1.3.3 减小视频抖晃的方法——采用精密的伺服和机械系统

1. 产生视频抖晃的原因

根据彩色电视原理，在彩色电视屏幕上呈现的每帧图像是由两场信号组成的，我国电视标

准(PAL/D 制)规定，每行信号周期为 64μs，其中 12μs 作为逆程回扫时间，52μs 作为显示图像的正程时间。显然，为了复现良好质量的图像，必须根据人眼视觉的敏感程度，提出对每行视频信号时基精度的要求。为了便于直观地进行说明，在图 1—18 中画出了一种格子测试信号图像。利用格子测试信号，可以从图像上直观地判断和观察录像机视频抖晃的影响。例如，当人眼视觉感到图像中的每条竖线都是一条稳定的直线，而无扭曲或晃动时，就说明方格信号中每行里出现的竖线信号位置是准确的，亦即每行信号的周期和相位也是准确的。如果图像中的竖线是扭曲、晃动的，那么就说明录像机的视频抖晃过大，它所引起的每行信号周期和相位的误差已超出了范围。实际上视频抖晃是录像机中不可避免的一种信号失真，因为在录像机中是利用了视频磁头与磁带的相对运动，使随时间而变化的视频信号转换为随位置变化的剩磁信号，因此视频磁头与磁带之间的相对运动速度和相位是否稳定和准确，就会直接影响视频信号的录放质量。但是，由于磁头磁带的相对运动是依靠电机和机械传动实现的，因此电机旋转速度的误差和不均匀性、机械走带系统的装配和加工误差、磁带长度的伸缩变化等因素都会在录放过程中引入相应的抖晃与失真。例如，在家用录像机中磁头鼓每旋转 180°，视频磁头便在磁带上扫描出一场信号，或者说，磁头鼓每旋转 $\theta=\frac{180°}{312.5\text{行}}=0.576°$，视频磁头便在磁带上扫描出一行信号。但是磁头鼓的旋转不可能是完全匀速的，所以转速的变化就造成每行信号对应的旋转角度不是 θ，而是 $\theta\pm\Delta\theta$。当视频磁头把信号记录到磁带上然后再重放出视频信号时，$\theta\pm\Delta\theta$ 便被转换为带有误差的行周期 $t\pm\Delta t=64\mu s\pm\Delta t$，反映到图像上便会造成每行格子信号中的竖线不是准确对齐，而是扭曲晃动的。当然，磁头鼓转速不均匀仅仅是造成抖晃的一个因素，在录像机中，造成抖晃和误差的其它因素还很多，例如，磁带张力的变化会引起柔性带基的长度伸缩变化，因此即使记录时视频磁头旋转速度没有误差，但是磁带长度的伸缩也会引起每行信号记录长度的误差而形成抖晃等参见图 1—19。所以，在录像机中，如何把各种因素造成的影响控制在人眼视觉容许的误差之内，是一个极为重要的问题。为此，录像机中除了提高磁头鼓组件，机械走带系统和电机的精度以外，还装有一套专门对磁头磁带机械系统进行自动控制的电路系统。它利用反馈的方法把磁头磁带间相对运动的速度误差和相位误差都自动地控制到所要求的精度范围内，这个系统就称之为伺服系统。

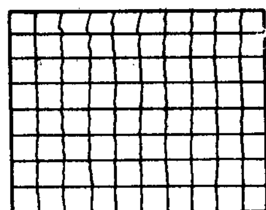


图 1—18 视频抖晃对图像的影响

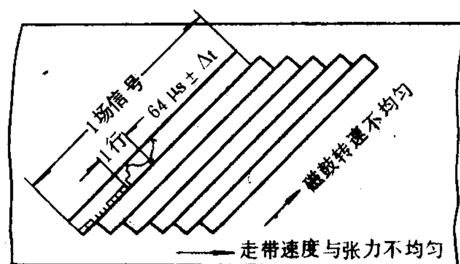


图 1—19 机械系统引起的扰动与误差

2. 伺服系统的作用

录像机的伺服系统应起到以下作用：记录时，视频磁头能够严格地照标准磁迹图把已处理好的视频信号记录在规定的磁迹位置上；重放时，视频磁头能够准确地扫描磁带上的磁迹以取得稳定的视频信号。为此，对伺服系统提出以下要求：能对走带系统进行自动控制，使磁带具有标准的稳定走带速度；能对磁头鼓进行自动控制，使视频磁头具有标准的旋转速度和相位；能对磁带张力进行自动控制，使磁带在运行时张力恒定。根据上述不同的控制作用，一般把伺服系统相应分为主导轴伺服系统、磁头鼓伺服系统和张力伺服系统。

主导轴伺服系统的作用是：在记录时主要用来使磁带保持稳定的走带速度；在重放时主要

用来自动控制走带速度，使视频磁头能准确地扫描跟踪已录的视频磁迹。实现的方法是通过控制主导轴电机的转速来控制走带速度。

磁头鼓伺服系统的作用是：在记录时使磁头鼓的转速与视频信号的场频（单磁头方式）或帧频（双磁头方式）维持一致；在重放时使磁头鼓上的视频磁头准确地扫描跟踪磁带上的视频磁迹，并使磁头鼓转速与场频或帧频一致。实现的方法是通过控制磁头鼓驱动电动机的相位与转速来控制视频磁头的位置与转速。

主导轴伺服与磁头鼓伺服系统通常都包含有速度伺服与相位伺服两个控制系统。速度伺服系统的主要作用是检测出被控对象（例如主导轴电机、鼓电机等）的速度误差，并把误差值作为反馈信号，使被控对象的速度维持恒定。相位伺服系统的主要作用是检测出被控对象的相位，去与一个基准信号的相位进行比较，所产生的相位误差作为反馈信号，使被控对象的相位与基准信号的相位一致。通过速度伺服和相位伺服两个环路，便可以把录放的信号时基误差控制在人眼允许的范围以内。

伺服系统是录像机中的重要系统，关于它的详细内容，本书将在第四章中介绍。

3. 精密机械系统的作用

为了保证把视频信号在录放过程中产生的时基误差控制在人眼允许的范围内，除了伺服系统之外，录像机还必须具备极为精密的机械系统。

如前所述，录放图像信号的过程是把随时间变化的电信号变换为随空间位置变化的磁信号。在这一变化过程中，把时间轴变为空间（长度）轴以及把空间轴复原为时间轴是依靠录像机机械系统实现的。为此要求机械系统的零件制造精度和组件装配精度以及因此而产生的各种误差必须保持在伺服系统的控制范围以内，否则伺服系统就不能保持正常的工作，并会导致录放的视频信号时基误差过大甚至图像完全紊乱。

家用录像机的机械系统中主要由磁头鼓组件、走带系统、自动加载和卸载系统、带盒仓组件等组成。其中最重要的对图像质量有影响的是磁头鼓组件和走带系统。磁头鼓组件是驱动视频磁头直接在磁带上扫描磁迹的部件，所以必须保证具有十分精确的圆柱体形状和磁带走带的导轨，十分精确的旋转速度。走带系统是驱动磁带走带和保持柔软的磁带具有正确的形状和张力的组件。在走带系统中，各种导柱应保证磁带以十分精确的位置和自然的不扭曲的形状包绕在磁头鼓上。张力杆应保证在走带过程中磁带张力在规定的正确范围内。主导轴和压带轴则保证磁带以十分精确的速度运行。根据计算和实际的经验，只有当这些零部件的加工精度和装配精度都在几个微米的范围内时，才能在磁带上扫描出正确的具有互换性的视频磁迹才能在伺服系统的控制下录放出没有明显抖晃和扭曲的图像。

1.3.4 彩色化措施

采取了前面所述的旋转磁头方式和调频记录方式，再对磁头鼓和主导轴进行精密伺服之后，就可以实现黑白电视信号的磁带录放了。

但是对彩色电视信号进行磁带录放还必须解决下述两个问题：

1. 视频频带宽度

普通小型黑白录像机的视频带宽只需要 3 至 4MHz，就可以得到满意的黑白图像。但是在彩色电视制式中，PAL 制的彩色副载频是 4.43MHz，NTSC 制的彩色副载波是 3.58MHz。因此彩色录像机的视频带宽在高频端必须延伸到 5 至 6MHz 以上。

2. 时基抖动

在 NTSC 制式中，色度信号的 I 分量和 Q 分量对副载频进行正交调制，并由色同步信号确定色度信号的基准相位。因而 NTSC 制对传递变换过程中所发生的相位失真要求很严格，规定应小于±12°，否则即将产生色调失真和紊乱。PAL 制虽然在 NTSC 制的基础上采取了逐行倒相 180°的方法，以降低色度信号对相位的敏感性，但是仍然要求传递变换过程中所发生的相位失真小于±40°。考虑到上述相位失真的要求是对整个彩色电视信号在全部传递变换过程中（包括视频处理、编码、解码、录象、放象、发射、接收等）的要求。所以至多可以假设录像机占有其全部误差值的 60%，因而可以估算出元件的时基抖动量为：

$$T=\frac{1}{f_{sc}}\times\frac{\Delta\phi}{360}\times\frac{60}{100} \quad (1—7)$$

式中，T 是时基抖动绝对时间，单位 μs；f_{sc}是副载波频率，单位 MHz；$\Delta\phi$ 是彩色制式对相位失真的要求。

在 NTSC 制中

$$T=\frac{1}{3.58}\times\frac{24}{360}\times\frac{60}{100}\approx 0.01\mu s$$

在 PAL 制中

$$T=\frac{1}{4.43}\times\frac{80}{360}\times\frac{60}{100}\approx 0.03\mu s$$

在录像机中，尤其是在螺旋扫描式录像机中，由于磁迹扫描方向与磁带走带方向的夹角较小，所以主导轴系统和磁头鼓系统产生的任何误差都会引起时基误差。虽然通过提高伺服精度和加工精度可以减小时基误差，但从现在的加工精度、电动机跟踪精度和电路伺服精度水平来估计，录像机的时基误差只能达到 0.05～0.2μs 左右。这种量级的时基抖动在录放黑白电视信号时，人眼只感到不明显的微小晃动，但在录放彩色电视信号时，由于它会引起超过规定的色度信号相位误差值，因此会引起无法忍受的严重色调失真，必须设法进行校正。

由上面的分析可知，录像机彩色化的措施，在技术上实际上就是设法提高录放频率的上限和减小时基误差。为了达到这个目的，出现了很多种彩色化方案，但是现在家用录像机采用的都是"伪时基校正"方式。

为了提高磁带记录密度，家用录像机磁头磁带相对速度不能很高，一般在 5m/s 以下，可以记录的上限频率仅为 6 至 7MHz 左右。对这种录像机若采用整个彩色电视信号调频的方式，频带宽度显然不够。而且，考虑到使用对象是一般家庭，所以也不适于采用价格昂贵的专用时基校正器。为此，这类录像机都采用利用差频原理的伪时基校正方法。

专用的时基校正器是对包括亮度信号和色度信号的整个彩色全电视信号进行时基校正的，使信号的时基误差减小到规定的范围以内。伪时基校正方法则不同，它只对色度信号进行校正，而亮度信号仍带有原有的时基误差。这种方法比较经济简易，也能保证正确地复现彩色，因此在家用录像机中得到了广泛的应用。

伪时基校正的基本过程是：记录时首先用滤波器把彩色电视信号中的色度信号和亮度信号分离成两路信号，亮度信号象一般黑白录像机那样调频后进行记录，而色度信号则经过混频器把副载频由 4.43MHz（在 NTSC 制中为 3.58MHz）降低到几百 kHz 后再进行记录。在记录过程中，亮度调频信号对色度降频信号起高频交流偏置作用，使录放特性具有良好的线性。

重放时，对拾取的亮度调频信号进行调频解调；而对色度降频信号进行变频，把副载频复原为 4.43MHz（NTSC 制为 3.58MHz）。在变频过程中，利用磁带上拾取下来的时基信号控制混频器中的本地振荡频率，因而混频后，不但副载频被恢复到 4.43MHz，而且在此过程中由于混

频器的两个输入信号(本振信号及色度信号)中的时基误差相互抵消,所以混频后的副载频及相位误差也减小到规定的误差范围之内,正确地复现彩色。这种降低色度副载频再进行记录的方法,同时解决了压缩频带和正确复现彩色的两个问题。但是,由于这种方法只校正了色度副载频的时基误差,而并未校正行频的时基误差,因此使两者之间不能保持彩色电视制式所要求的副载频和行频之间的严格相互关系,使副载频光点干扰的相互抵消作用失效。此外,由于亮度信号与色度信号的时基误差不一致,所以当为了提高图象质量再用时基校正器对彩色电视信号进行时基校正时,必须采取措施恢复色度信号与亮度信号之间的相关性才能进行全电视信号的校正。因此伪时基校正方法不适于在广播用录像机中使用,只适于在普及型录像机中使用。

根据本节的分析,可以看出录放彩色全电视信号时,需要解决很多技术难题,它们的技术难度远远超过了录放音频信号时的各种要求。为此,必须采取与录音技术不同的特殊技术措施,这些措施可以归纳如下:

① 采用旋转磁头鼓方式,使磁头磁带相对速度(记录速度)达到 5m/s 左右。

② 减小视频磁头工作缝隙 g,根据目前的磁头工艺技术水平可减小到 0.3～0.1μm(微米)左右。

③ 对视频信号采用调频后再记录的方式,并采用低载频小频偏调频方法和残留边带技术。

④ 采用精密的主导轴伺服系统、磁头鼓伺服系统和其它必要的伺服系统,使视频信号的时基抖动降低到 0.2μs 左右。

⑤ 采用各种彩色化措施,以便满足电视信号频带宽度和使重放时时基抖动减小到 0.01μs 左右的要求。

为了实现上述措施,录像机中必须具有精密的机械走带和磁头鼓系统、伺服系统、视频调频和解调系统、彩色化系统、机械控制系统。这些系统的详细内容,我们将在以后的章节中进一步介绍。

1.4 家用录像机的实用技术措施

现在进入大批量生产并具有竞争能力的家用录像机主要有两种:使用 1/2 英寸磁带的 VHS 格式录像机(包括 S-VHS、VHS-C、S-VHS-C 等衍生格式)和使用 8mm 磁带的 8mm 格式录像机(包括 *Hi*-8 等衍生格式)。与高档的广播级录像机(例如 *M* Ⅱ 格式、*LSP* 格式、*C* 格式等)不同,由于这两种小型盒式录像机主要用于家庭或某些专业部门中,所以使用者大都是不熟悉录像技术的普通人员,因此这两种录像机主要追求的目标是性能稳定、操作方便、可靠性高、小型轻量、价格低廉等,而在图像质量方面,则只要求一代或二代复制品重放图像质量良好,并不需要像广播级录像机那样对多代复制提出很高的要求。为此,家用录像机具有以下一些技术特点。

① 采用两磁头螺旋扫描方式和能自动加载盒式磁带的小型机械系统,使用户操作方便,磁带便于保存,录像机小型轻便。

② 采用超高密度记录方法,用较小的磁带盒获得较长的记录时间,使用户可以用较低的价格保存较长时间的节目。

③ 采用亮度调频和色度降频的录放系统,以使用较窄的频带录放出满意的彩色电视信

号。

④ 具有微处理机控制的操作与保护系统和自动定时收录系统等各种适于家庭使用的功能，使录像机操作方便、可靠性高并能进行自我保护。

以上这些技术措施现在都已成功地用于家用录像机中，从而使得家用录像机的记录密度比广播级录像机高出几十倍以上，价格比广播级录像机低出几十倍，而一代或二代重放的图像质量也能使家庭用户感到相当满意（VHS 格式、8mm 格式）或很满意（S-VHS 格式、Hi8mm 格式）。因而使家用录像机成为近年来发展最快、最受欢迎的电子产品。

下面，对以上的技术措施分别作简要介绍。

1.4.1 便于自动装卸磁带的两磁头螺旋扫描方式

在录像机中，“扫描方式”主要是指视频磁头在磁带上扫描出磁迹的方法和磁迹的位形图规格，这包括扫描磁迹在磁带上的角度、形状、位置、每条磁迹与视频信号的行场频率之间的关系等等。扫描方式是区分录像机类型的最重要的特征。

为了记录视频信号，必须提高磁头磁带的相对速度。为此，在录像机中把视频磁头装在圆柱形的磁头鼓上，用提高磁头鼓旋转速度的方法来提高磁头与磁带的相对速度。视频磁头扫描磁带的方向与磁带走带方向的夹角可以是垂直的，这叫横向扫描（也有叫垂直扫描的），也可以具有一定的倾斜角度，这叫螺旋扫描。

家用录像机都采用两磁头螺旋扫描方式，它的特点是磁头鼓上安装着两个相距 180 度的视频磁头，每个磁头用一场时间（1/50 秒）在磁带上扫描一条磁迹，因此每条磁迹记录一场信号，其中一个磁头记录奇数场，另一个磁头记录偶数场，两条磁迹记录一帧信号，磁头鼓旋转一周（360 度），恰好记录一帧信号。螺旋扫描扫出的视频磁迹与磁带夹角很小，几乎是平行的，因此磁迹长度不受磁带宽度的限制，可以用较窄的磁带记录较长的磁迹，便于实现一场一迹和高密度的记录方式。但是由于磁迹几乎与磁带平行，所以磁带走带方向的抖动都直接反应为磁迹长度的变化，并且间接反应为视频信号的时基抖动。因此这种扫描方式要求录像机械系统的精度必须很高。

螺旋扫描方式的重放过程是每个视频磁头扫描一条磁迹拾取一场信号，一个磁头拾取奇场信号，一个磁头拾取偶场信号，利用信号的场消隐期间把信号连接在一起，并成为一个连续的完整电视信号。

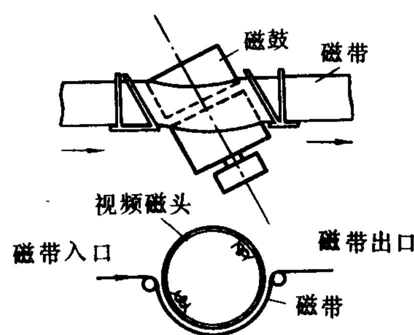


图 1—20 两磁头 Ω 包绕方式

为了在磁带上留出记录音频信号和控制信号的磁迹位置，家用录像机采用的方法是两磁头 Ω 包绕方式（如图 1—20 所示），这种方式的优点是没有信号缺损现象，容易实现自动装卸磁带和磁带盒式化。在 Ω 绕带方式中，磁带呈 Ω 形状包绕在磁头鼓上，视频磁头每旋转 180 度，磁带走带对应提升的高度都稍小于磁带宽度，这个余量就作为记录音频和控制信号的磁迹位置。另外，磁带包绕磁头鼓的角度也略大于 180 度，使磁带上每条磁迹记录信号的行数略大于一场信号包含的行数，这样在重放进行场间切换与连接时，信号便略有重叠，避免了因切换点误差而产生信号缺损的现象。

1.4.2 超高密度记录方法——用较小的磁带盒得到较长的录放时间

录像机用户最关心的问题是录像磁带的价格、质量、体积和录放时间。为了满足用户的需要，适合用户的口味，设计家用录像机时必须考虑的重要内容是用较少的磁带面积记录较多的节目内容和信息。为此，家用录像机都采用超高密度方位角记录方法，以提高记录密度、减小带盒体积和延长记录时间。

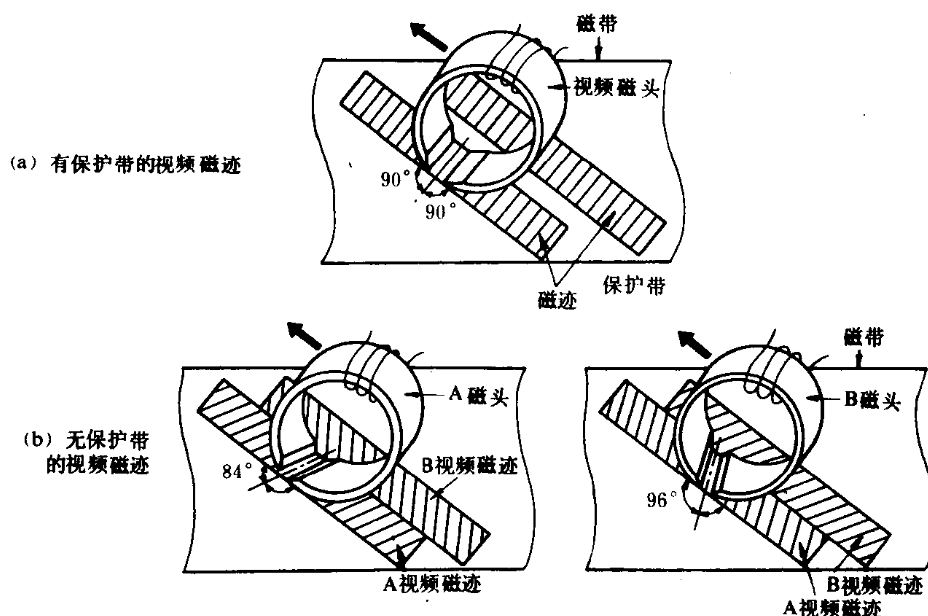


图 1—21 方位角记录方式

在专业用录像机中，磁带上记录的相邻视频磁迹之间有一条不记录信号的空白区，如图1—21(*a*)所示，叫做保护带。保护带的作用是当视频重放磁头不能完全对准本磁迹时(实际上目前能做到对准度为70%左右)，磁头不会扫描到相邻一条磁迹上而产生串扰。但是空白保护带的存在会使很大一部分磁带面积没有被利用，使记录密度大为降低，这是很不经济的。

在家用录像机中，为了提高记录密度、取消了空白区保护带，利用相邻磁迹记录的方位角不同来抑制串扰，这就是超高密度方位角记录技术。

超高密度记录方法主要是利用"方位角损耗"现象来实现的。根据磁记录原理，当记录磁头的工作缝隙方位角与重放磁头的工作缝隙方位角不同时，重放信号的幅度会随着两者角度差别的增加而减小，这种现象称作方位角损耗现象。家用录像机利用了这一现象，它的视频磁头与一般的专业用录像机视频磁头不同，其磁头缝隙的方向角不是垂直于磁头旋转方向，而是使两个磁头分别偏离垂直方向一个角度，其中 VHS 格式规定一个磁头偏离＋6°，另一个磁头偏离－6°；BETA 格式则规定分别偏离±7°。这样，如图 1—21(*b*)所示。记录在磁带上的相邻磁迹就存在着不同的倾斜方位角，重放时两个视频磁头只能分别从方位角相同的对应磁迹上拾取信号，所以即使磁头扫描时稍微偏离到相邻磁迹上，也会由于方位角损耗而使串扰减小到不影响正常重放的程度，起到抑制串扰的作用。

由于取消了保护带，家用录像机的记录密度得以大大提高，例如 VHS 录像磁带盒体积只有 3/4 英寸 U 型录像磁带盒体积的二分之一。每盒记录时间却是它的 3 倍，相当于记录密度提高 6 倍，为用户提供了便于携带和保存的盒式磁带。

1.4.3 亮度调频与色度降频录放系统

本书前面几节中已介绍了亮度调频与色度降频方式的简单工作原理。这种方式能够用较窄的频带宽度录放出满意的彩色电视信号，现在已广泛用于专业级和家用录像机中。从数量上看，可以说当前世界上99%以上的录像机都采用亮度调频与色度降频方式。

亮度调频与色度降频方式的主要特点是，对彩色电视信号中的亮度信号和色度信号分别进行处理，因而可以用较窄的频带(5～7MHz)记录和重放全电视信号。这种方法在色度信号的处理过程中可以进行伪时基校正，以便得出符合要求的色度信号，因而无需时基校正器即可直接正确复现彩色。在亮度调频与色度降频方式中，VHS录像机的亮度信号与色度信号的频谱变换过程如图1—22所示。亮度信号被调频以后占有的频带宽度是1MHz～7MHz左右，色度信号被降频以后，副载频从4.43MHz变为600多kHz。整个频带的上限记录频率虽然不超过10MHz，仍能得到质量比较良好的彩色图像。由于这种方式能在当前的磁带磁头技术水平下兼顾了图像质量和记录密度，因而得到了最广泛的应用。

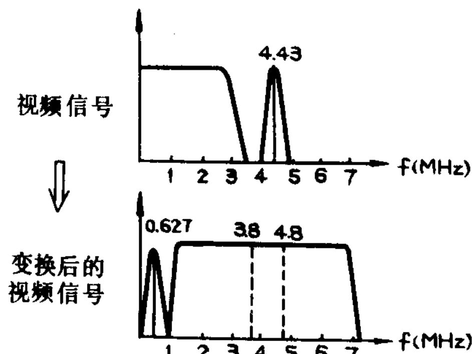


图1—22 亮度调频和色度降频记录方式

1.4.4 微处理机技术及其它新技术

家用录像机属于采用尖端技术的视听商品，由于竞争非常激烈，因此它的技术更新速度和性能改进速度也是空前的。

在采用新技术方面，对家用录像机性能、功能和技术水平影响最大的应该首推微处理机技术。由于它的采用，使家用录像机的操作更加简便、自我保护能力更加完美而功能却不断扩展。

目前，一般家用录像机中均包括两个微处理机，一个微处理机主要控制机内的各个系统，一般称为主系统控制微处理机；另一个微处理机用于处理外部接口输入的各种操作指令，例如定时操作指令、功能操作指令、红外遥控指令等，一般称为定时操作与调谐微处理机；两个微处理机之间用通信总线连接，以便通过通信设定于同一工作状态。

除了微处理机技术之外，近年为了提高家用录像机的声音和图像质量、提高可靠性，采用了难以枚举的许多新技术。例如、最新的结构形式是把机械机芯安排在录像机整机的中央部位，这种安排不但可使左右平衡而且提高了耐内部振动的能力，还能把视频电路、音频电路等和电源电路分开而使各电路之间的相互干扰减小。

又如自动清洗磁头功能，在机械机芯内装有一个清洗器件，能自动清洗视频磁头的污垢，使图像的录放质量始终保持最佳状态。

再如磁头材料和磁头缝隙长度也不断在改进。磁头材料过去使用的是单晶铁氧体，现在则研制了叠层非晶体材料、铁铝硅合金材料(Sendust)等饱合磁通密度更大的材料，使录像和放像的载噪比进一步提高，从而改善了图像质量。磁头材料和磁头缝隙长度的改进，使家用录像机能具有SP(常速)和LP(慢速)两种录放速度(对PAL-D制)，并使LP录放的图像质量仍能保持较好的水平。

最新的动向是使VHS录像机具有重放S-VHS录像带的功能。S-VHS录像带本来是不能用

普通的 VHS 录像机重放的，但是给这些录像机增加了简易重放功能后，尽管不能得到 SVHS 录像带的优异质量，却可以重放这些磁带了。

除了以上所举的例子之外，还有许多提高图像质量的新技术，例如 HQ 技术，S-VHS 采用的提高载频和加大频偏的技术等等。这些技术的主要内容均将在后面的章节中进行介绍。

第二章　家用录像机的主要格式及其一般原理

在80年代中期，家用录像机中的佼佼者曾经是VHS(大1/2英寸)、BETA(小1/2英寸)和V2000三种格式。由于VHS格式具有磁带节目丰富、录像机性能价格比高和可靠性高等优点，所以经过激烈的竞争之后，VHS逐渐占据了主导地位。现在，BETA及V2000格式已经被淘汰，VHS格式的产量占了全部录像机总产量的85%以上。不过，近年来又出现了集各种新技术于一身的8mm录像格式，所以在VHS格式和8mm录像格式之间又展开了新的一轮竞争。在这两者之间，VHS格式的主要优点是，与已经存在的VHS录像机具有互换性并且不断推出新的品种与功能，目前仍占有市场主导地位；8mm格式则由于采用了金属磁带、高性能磁头、导频信号伺服等VHS格式不宜采用的新技术，使录像机体积大大减小，记录密度大大提高，所以发展很快，已成为非常重要的家用录像机品种。本章将重点介绍这两种格式的家用录像机。

2.1　彩色电视制式与录像机格式

彩色电视信号的记录和重放过程是一个技术很复杂的磁电变换过程，在这种复杂的录放像过程中，必须规定一系列的各种设备都要遵守的技术规格，才能使各种电视设备之间、录像机之间、录像磁带之间能够配接与互换使用。通俗一点说，这种必须共同遵守的技术规格好比日常生活中的语言，必须大家都说一种语言，才能互相沟通，如果一个人说英语而另一个人说汉语，双方就无法沟通思想了。对于电视设备及录像机而言，彩色电视制式和录像机格式所规定的技术规格就相当于沟通双方的语言，只有在彩色电视制式与录像机格式完全相同的情况下，各个录像机及录像磁带之间才能互相沟通，亦即才有互换性，否则就没有互换性。因此在学习录像机技术的过程中，熟悉与掌握彩色电视制式与录像机格式是非常重要的一环。

2.1.1　世界上主要的彩色电视制式

彩色电视制式标准是世界各国或地区所制定的本国或本地区的电视技术标准。由于世界各国、各地区广播电视发展过程是先有黑白电视广播、后有彩色电视广播，所以在其制定制式标准的过程中也是先制定了黑白电视标准，随后随着彩色电视的发展，又制定了与其黑白电视兼容的彩色电视标准。

国际无线电咨询委员会(CCIR)已经认可的黑白电视标准大致有十三种：它们的代号分别为A、M、B、G、H、I、D、K、K_1、L_1、N、C、E。在上述标准中，对电视广播的技术内容和参数，例如行频、场频、帧频、扫描线数、伴音载频位置和调频方式、基带宽度等均作了详细规定。我国的体制为CCIR—D制。

各种彩色电视标准是在黑白电视基础上发展起来的。为了两者能够兼容，要求彩色电视标准满足下列主要要求：

① 电视频道、频带、基带宽度相同；

② 图像载频、伴音载频相同，各频道载频之间的间隔相同；

③ 图像调制方式相同，伴音调制方式相同；

④ 行频、场频相同，扫描方式相同，同步方式相同；

⑤ 彩色全信号中的亮度信号与黑白图像信号相同；

⑥ 彩色全信号中的色度信号对黑白图像干扰不大。

满足上面几个主要要求后，彩色电视系统在黑白电视信号频带内传送亮度信号和两个色差信号，就可以不增加带宽而做到兼容。实际的方法是，把两个色差信号调制在一个对黑白亮度信号干扰不明显的频率为 f_{sc} 的副载波上，使已调波频谱插在亮度信号频谱各间隔之中，采用频谱交错原理减少干扰。

目前世界上主要有下列三种彩色电视制式，即：

NTSC 制：半行频偏置的正交平衡调幅制，主要在美国、日本等国使用；

PAL 制：1/4 行频偏置的逐行倒相正交平衡调幅制，主要在德国、英国、中国等国使用；

SECAM 制：逐行轮换调频制，主要在法国、原苏联、东欧等国使用。

到 1977 年为止，在 13 种标准制式中，有 7 种制式建立了彩色电视制式标准。目前世界上有 60 多个国家采用 PAL 制，其中大多数国家采用 PAL—B 或 PAL—G 制，我国采用 PAL—D 制，香港地区采用 PAL—I 制(无 VHF，只有 UHF)，台湾地区采用 NTSC—M 制。

在家用录像机中，它的记录与重放系统都必须符合本地的彩色电视制式，才能录制本地的节目和重放相应的节目磁带。

录像机与电视制式有关系的部分有以下 3 个部位：

① 电视接收调谐器：为了能够接收本地电视台的节目，并把它解调成为适于录像机记录的图像与伴音信号，家用录像机的这部分必须符合本地电视制式标准，因此在我国要使用 PAL—D 制的家用录像机。

② 调制器：家用录像机必须与彩色电视机联合使用，才能显示图像和播放伴音，因此家用录像机重放的信号要经过机内的调制器进行调制，变换成为相应于某个电视频道的信号，再送到电视机的天线插口去(对一般无 AV 端子的一般电视机而言)。显然，调制后的信号必须符合本地电视制式标准，才能在彩色电视机上显示。在我国使用的家用录像机中的调制器应该符合 PAL—D 制式标准。

③ 录放系统：家用录像机的录放系统与彩色电视制式有关，不同彩色电视制式的节目磁带没有互换性，在我国通用的节目磁带是 PAL 制的节目磁带，因此必须采用 PAL 制的录像机。

世界上不同的国家和地区规定了不同的电视制式标准，因此在购买和使用录像机时，必须注意是否符合本地的电视制式。表 2—1 和表 2—2 列出了世界上各主要国家和地区的电视制式标准。

2.1.2 世界上主要的录像机格式

录像机格式的基本含义是为了使录像机在录放磁带时具有互换性而规定的技术规范，其中包括磁迹位形图、电气系统参数、机械走带系统参数等。

初步估计，目前世界上为了适应各种用途而设计的录像机可能已有几百种格式，由于不同格式的录像机之间没有互换性，不能交换录放节目磁带，因此给用户造成了很大不便。为了解决这个问题，国际电工委员会(IEC)陆续制定了一些得到广泛应用的录像机格式标准。在家用录像机类中，VHS、BETA、V2000、8mm 等都已被定为 IEC 标准。在这些标准中，详细地规定了对互换性有影响的各种技术参数，主要有：

① 磁带类型：规定磁带的类型(开盘式或盒带式)和磁带宽度、厚度；带盒或带盘的结构尺寸；不同录放时间时的磁带长度；磁带的电磁特性参数和物理特性参数；引带的参数等。

表 2—1　　黑白电视制式的技术参数与分布地区

制式	A	M	N	C	B	G	H	I	D/K	K_1	L	E
扫描行数	405	525	625									819
场频(Hz)	50	60	50									
行频(Hz)	10125	15750	15625								20475	
图像基带(MHz)	3	4.2		5			5.5	6			10	
信号幅度/同步幅度	7/3	10/4		7/3								
射频带宽(MHz)	5	6		7		8						
调制极性	+	−		+	−					+		
伴音载频位置(MHz)	−3.5	4.5		5.5			6	6.5			±11.15	
伴音调制方式	调幅	调频		调幅	调频					调幅		
制式简称	405/50	525/60	625/50								819/50	
使用国家	英国、爱尔兰(旧制)	美国、日本、加拿大菲律宾墨西哥中美	阿根廷、玻利维亚	卢森堡	意大利、奥地利、西班牙、瑞士、原联邦德国荷兰		比利时	英国、爱尔兰、南非	中国、朝鲜、罗马尼亚原苏联、捷克斯洛伐克、匈牙利、保加利亚、波兰		法国、卢森堡、摩洛哥		

表 2—2　　彩色电视制式的技术参数与分布地区

制式		副载频(Hz)	调制方式	使用的国家地区
PAL	B、G	4433618.75±5	逐行倒相正交平衡调制	意大利、奥地利、荷兰、瑞士、瑞典、丹麦、原联邦德国、挪威、澳大利亚、南斯拉夫等
	H			比利时
	I	4433618.75±1		英国、爱尔兰、南非
	D、K			中国、朝鲜
	M	3575611.49±10		巴西、委内瑞拉
NTSC	M	3579545±10	正交平衡调制	美国、日本、加拿大、巴拿马、墨西哥、厄瓜多尔、古巴、危地马拉、南朝鲜、台湾省等地
SECAM	B、G	4406250±2000 4250000±2000	逐行轮换调频	原民主德国、黎巴嫩、伊朗、突尼斯、毛里塔尼亚
	D、K			原苏联、捷克、斯洛伐克、匈牙利、保加利亚、波兰
	L			法国、卢森堡

② 磁头鼓系统和走带系统：规定磁头鼓结构尺寸；视频磁头及其它磁头在鼓上的数目和安装方式；磁带对磁鼓的包绕角度和包绕方式；磁带引出的系统和方式；走带速度及磁带张力等。

③ 磁迹位形图：磁迹位形图是描述视频磁迹、音频磁迹、控制磁迹、其它辅助磁迹在磁带

上的位置与形状的图形。各标准中均详细地规定了磁迹位形图，并确定了录像机的扫描方式和磁头之间的相互关系，使录像机具有互换性基础。

④ 视频信号的录放方式和参数：规定视频信号的调制方式及调制频率；视频切换连接点的位置及信号的重叠要求；视频磁迹与奇偶场的关系；视频调频信号的预加重特性与滤波特性；记录方式及记录电平等。

⑤ 音频信号录放方式和参数：规定记录方式、记录电平、重放去加重特性等。

⑥ 控制信号录放方式和参数：规定记录信号的形状、极性与视频磁迹的关系等。

按照上面的技术参数，制定了国际标准并在世界上流行的家用录像机格式主要有四种。

1. VHS 格 式录像机

VHS 录像机在我国俗称大 1/2 英寸(其磁带宽度为 1/2in)录像机。它的数量占世界各种录像机总数的 85%以上。它的节目磁带丰富、功能齐全、可能性高、价格适中、品种多样，因此发展很快。为了适应不同用户的要求，VHS 录像机又有几种不同的分支：

(1) 标准型 VHS 录像机

现在我国出售的大多数是这种标准型。这种录像机价格较低，但图像录放质量与功能均足以满足一般家庭的要求，所以是最为普及的一种。在这种录像机中，又有三制式(或叫多制式)录像机(它可以重放 NTSC、PAL、SECAM 三种电视制式的节目磁带)、PAL—D 单制式录像机(它只能录放适合我国的电视制式的节目磁带)及 PAL—D/I/ME SCAM 制录像机。

(2) Hi—Fi VHS 型录像机

这是一种具有高保真立体音响效果的录像机，它价格较贵，但是音像并茂，是目前在国外很受欢迎的一种录像机。

(3) HQ VHS 型录像机

这是为了提高图像质量而采取了一些改进措施的录像机。这种录像机的图像质量较好，清晰度较高，是近年来发展很快的一种类型。这种机型在我国近来较常见。

(4) VHS—C 型摄录一体机

为了满足用户对摄录一体机提出的小、轻、便于互换磁带的要求，专门生产了一种微型盒式磁带，这就是 VHS—C 型磁带。VHS—C 型磁带与普通的录音盒带大小相仿，因此可以使摄录一体机体积大大减小。用户使用这种摄录一体机可以很方便地进行家庭摄像与录像。所录的图像记录在 VHS—C 盒式磁带中。VHS—C 盒式磁带可以放在一种专门的转换盒中，再把这个转换盒插入到普通 VHS 录像机中，就可以重放自己拍摄的家庭图像。

(5) S—VHS 型录像机

这是一种图像质量接近于 3/4 英寸录像机的格式。这种录像机需要使用价格较高的 S—VHS 盒式磁带，才能得到高水平的图像质量。

2. BETA 格式录像机

BETA 录像机在我国俗称小 1/2 英寸录像机。BETA 录像机在图像录放质量、功能、价格等各方面均与 VHS 录像机相当，因此曾经是世界上唯一能与 VHS 录像机抗衡的格式。但是由于种种原因，经过激烈的竞争后，BETA 录像机的数量和市场均已逐渐缩小，现已不再生产。

BETA 录像机也有很多品种：标准型、HQBETA 型、Hi-Fi BETA 型、高带 BETA 型等，它们具有与 VHS 完全相当的指标与功能。

3. V2000 格式录像机

V2000 格式录像机是荷兰飞利浦公司生产的一种格式，它的主要优点是每盒磁带的录放

时间长，它的磁带盒与 VHS 磁带盒体积类似，但却可以像录音带盒那样正反两面使用，因此每盒磁带的录放时间加大了一倍。V2000 格式录像机曾在欧洲风行一时，但在 VHS 格式的强大攻势下，现在也已经停止生产。

4. 8mm 格式录像系统

8mm 格式是一种新型格式。它是由世界五大公司（松下、JVC、日立、索尼、飞利浦）提出和 127 个公司参加后共同制定的一种格式。它的特点是：把家用、便携、摄录一体化等多种用途集中在一起，采用世界最新技术，具有世界通用互换性的标准，适于录放各种电视制式的一种格式。8mm 格式的录像带盒体积与录音带盒类似，每盒带录放时间 2 小时，录像机与带盒的体积均小于 VHS 格式，但图像质量与 VHS 相当，因此是很有发展前途的一种格式。

由上面的介绍可以看出，录像机的格式标准是为了使录像机具有互换性而专门规定的一种技术标准。但是，录像机又是整个电视设备中的一个记录设备，所以录像机还必须符合电视制式标准。因此在选购录像机时，必须要注意两个标准，即录像机格式标准和彩色电视制式标准，而不能像彩色电视机那样只注意电视制式一个标准。目前我国规定使用和生产的家用录像机是 VHS 格式 PAL—D 制式，也就是通常所说的大 1/2 英寸 PAL—D 制式录像机。

2.1.3 多制式录像机与环球式录像机

多制式录像机是指能录放 PAL 制、NTSC 制、SECAM 制三种电视制式节目磁带的录像机，重放时必须配合使用多制式电视机，才能收到良好效果。

对于大多数用户，使用多制式录像机的目的是，用一台录像机重放和欣赏世界各地制作的不同电视制式的节目磁带，而在收录电视台节目时，由于本地电视台的电视制式已经固定，所以并不需要具有收录多种电视制式的功能。因此为了降低多制式录像机的价格，目前市场上流行的多制式录像机大都只具有多制式的重放或录放功能，而没有多制式的收录功能。

考虑到一般家庭用户不具有多制式电视机，而只具有单制式的电视机，所以最近出现了能在单制式电视机上重放三种制式录像带的家用录像机。例如我国市场上的松下公司 NV-L15、L10、J25 等型号的录像机、日立公司的 VT-747 型录像机、胜利公司的 D660 型录像机等都可以重放 PAL、NTSC、SECAM 三种制式磁带并可直接用我国的 PAL 制电视机观看。但是，为了降低生产成本，这些录像机并不具备真正的制式变换功能，只具备很简易的单方向制式变换功能，例如，适于我国使用的具有 NTSC 制磁带重放功能的录像机一般只是把 NTSC 信号变为模拟 PAL 制信号，并不具备把 PAL 制完全变为 NTSC 制的性能，所以只限于在某些特定地区或国家适用。

为了使一台录像机能在世界各国使用，或者与卫星电视接收机配合收录不同制式的彩色电视信号，松下公司最近开发并生产了环球式录像机 NV—W1 型。

NV—W1 型录像机内装有数字式电视制式变换器，因此可以录放任何制式的录像磁带：

① NV—W1 型录像机能够与 PAL、SECAM、NTSC 等多种彩色电视制式的彩色电视机配接并且能重放任一制式的任一种录像磁带，重放与配接的方法如图 2—1 所示。

② NV—W1 型录像机能与其它制式的录像机配接，将不符合本地电视制式的录像节目磁带转换为符合本地制式的录像节目磁带。配接和录制方法如图 2—2 所示。

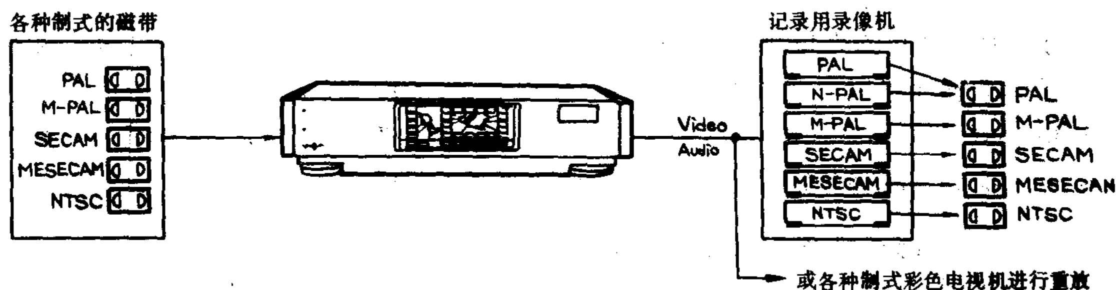


图 2—1 NV—W1 重放各种制式磁带的配接方法

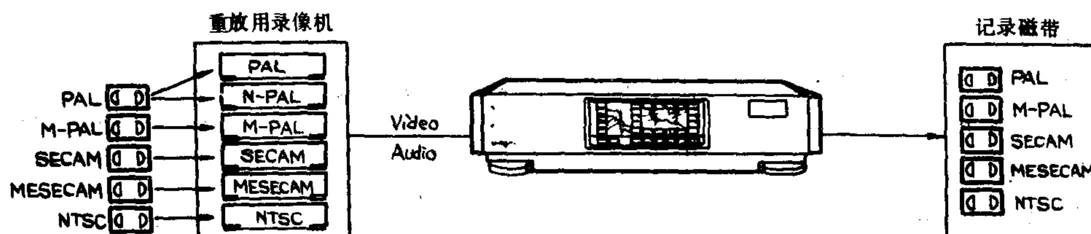


图 2—2 NV—W1 记录时的配接方法

NV—W1 型环球式录像机的主要技术规格如下：

交流供电 110V～127V/220V～240V

功耗 42W

走带速度 SP 23.39mm/s(PAL/N-PAL/SECAM)

33.35mm/s(NTSC/M-PAL)

LP 11.7mm/S(PAL/N-PAL/SECAM)

22.23mm/s(NTSC/M—PAL)

SLP11.11mm/s(NTSC/M-PAL)

重放/记录时间 SP 240min 用 E240 磁带(PAL/N-PAL/SECAM)

160min 用 T160 磁带(NTSC/M-PAL)

LP 480min 用 E240 磁带(PAL/N-PAL/SECAM)

SLP 480min 用 T160 磁带(NTSC/M-PAL)

录像格式 VHS 格式

S-VHS 格式

电视制式 CCIR 625 行 50 场 PAL/SECAM 制式

CCIRN 625 行 50 场 N-PAL 制式

CCIRM 525 行 60 场 M-PAL 制式

EIA 525 行 60 场 NTSC 制式

其它指标与单制式录像机相同。

2.2 VHS 系列录像机的格式标准与技术参数

VHS 系列录像机属于两磁头螺旋扫描录像机范畴，采用一场一迹不分段记录方式。它使用 1/2 英寸(in)盒式磁带，每盒磁带的标准录放时间最长为 4 小时(PAL 制)，磁带的包绕方式

是Ω形，机内装有自动装卸磁带机构。在VHS系列录像机中，作为正常记录和重放用的两个视频磁头分别具有±6°的方位角，相邻磁迹之间没有保护带，采用超高密度方位角记录方式。

随着技术进步和用户要求的不断提高，VHS格式录像机发展和派生出一系列具有新的性能的VHS格式。因此，全面的VHS格式系列应包括VHS格式、VHS-Hi-Fi格式、VHS-C格式、S-VHS格式。本节下面将分别介绍它们的主要技术性能和标准技术参数。

2.2.1 VHS格式标准及主要技术参数

1. VHS录像机的磁带盒结构与磁带特性

VHS录像机采用1/2英寸(in)宽的盒式磁带、规定采用磁带是高分辨率磁带，矫顽力为50×10^3A/m(630奥斯特)，磁带宽度12.65±0.01mm，磁带厚度$19^{+1}_{-2}\mu m$。为了在磁带到达终端或始端时能使录像机自动停机、磁带两端均有透明引带，规定引带的透明度大于50%，引带长度(130～190)mm，引带厚度$40^{+5}_{-25}\mu m$，引带宽度12.65±0.03mm。

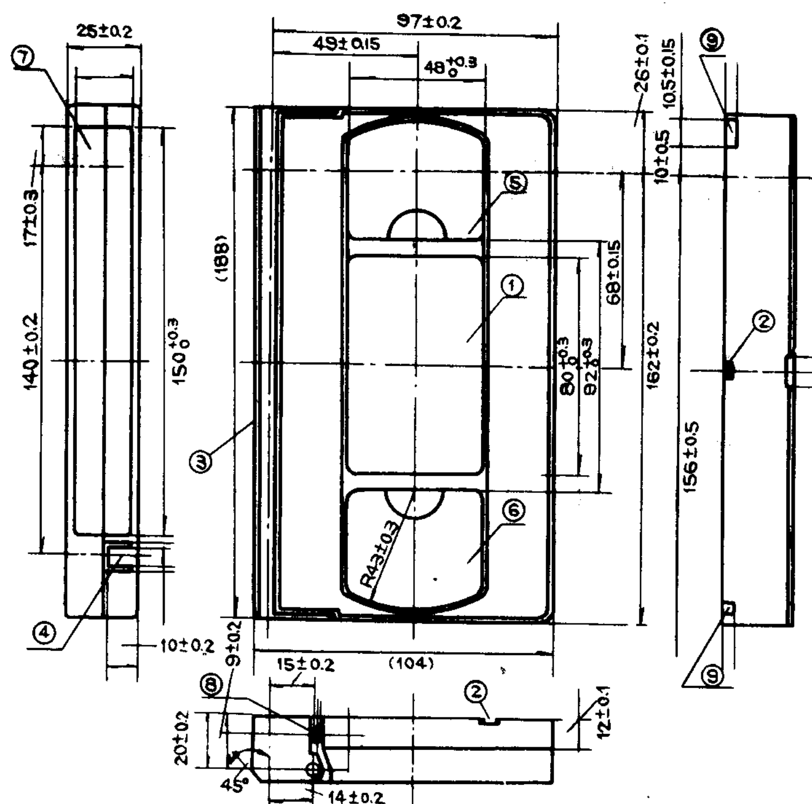


图2—3 VHS格式录像磁带盒外形图

VHS盒式磁带的外形尺寸如图2—3所示。在图2—3中：

① 处是贴顶部标签的位置，用以注明磁带内容。

② 是导向槽，使磁带盒中心与机芯配合对准。这样磁带盒能正确地落在带盘上。

③ 是磁带盒前面的保护盖，保护磁带不被手触及。

④ 是防误消片。此片被去掉后，使用时可使录像机的防误消开关动作，使磁带不能被记录，以防止误消去磁带上原有要长期保存的节目。

⑤、⑥ 是收带盘与供带盘观察窗口，可以观察磁带运行情况。

⑦ 是贴侧面标签的位置，用以注明磁带内容。

⑧ 是保护盖解锁器，推入它后才能掀开磁带盒前面的保护盖。

⑨ 是带盒保护盖定位缺口，用于定位和掀开磁带盒保护盖。

2. VHS录像机的磁头鼓和绕带方式

在图2—4中示出了VHS型录像机的磁头鼓与绕带方式。磁头鼓的直径等于62mm，在鼓上装有两个相隔180°的视频录放磁头(辅助磁头暂不计)，磁头鼓每旋转一周、两个磁头各记录一场信号，磁头鼓的旋转频率是25Hz。

在具有特殊功能的VHS型录像中，在磁头鼓上除了视频录放磁头以外，还可能安装着一

些辅助磁头；例如，为改善静止图像和慢速重放质量的静像辅助磁头、为进行电子编辑用的旋转消磁磁头、为提高音频质量的高保真度（Hi-Fi）旋转音频磁头、为延长磁带录放时间的 LP 用视频磁头等。这些辅助磁头大大扩展了录像机的特殊功能和提高了录放信号的质量，是 VHS 录像机磁头鼓上的重要组成部分。

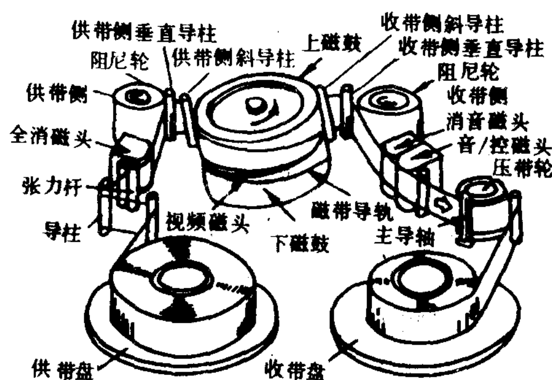


图 2—4 VHS 的磁鼓与包绕方式

VHS 型录像机的绕带方式是 Ω 形。按照规定，磁带包绕磁头鼓的角度应大于 180°，以保证在每条磁迹上记录的信号比一场信号多 12 行至 16 行，使重放时两场信号间具有一定的重叠量，避免在两场信号连接处失落信号。

VHS 型录像机磁头鼓的线速度 V_H 和走带速度 V_T 分别为：

$$V_H = \pi\phi \times 25\text{r/s} = \pi \times 62\text{mm} \times 25\text{r/s}$$
$$= 4.87\text{m/s}$$
$$V_T = 23.39\text{mm/s}$$

由于磁迹与磁带基准边的夹角很小，所以磁头磁带相对速度 V_0 等于

$$V_0 = V_H - V_T = 4.846\text{m/s}$$

3. VHS 录像机的走带系统与自动装带系统

VHS 型录像机采用 M 形自动装卸磁带机构。这种机械结构的主体是一个平面底座，引带导柱、主导轴、压带轮、张力杆等都垂直于平面底座，磁头鼓倾斜地安装在底座上（除进、出引带导柱外），倾斜的角度由磁迹图的磁迹角来确定。M 形方式结构比较简单，磁带引出量小，装卸磁带时间短，机器体积小，但是磁带承受的张力比 U 型方式稍大。

在重放和记录工作状态时，磁带要顺序经过以下主要部件：磁带盒供带盘—→张力杆—→全消磁头—→供带侧阻尼轮—→供带侧垂直导柱—→供带侧斜导柱—→磁头鼓—→收带侧斜导柱—→收带侧垂直导柱—→收带侧阻尼轮—→消音磁头—→音/控磁头—→主导轴和压带轮—→磁带盒收带盘。这些部件构成了磁带的走带系统。

M 形自动装卸磁带机构又有半加载方式、全加载方式等多种形式，详细工作原理和构成参见第七章有关部分。

4. VHS 录像机的磁迹位形图

按照 VHS 格式标准在磁带上记录的图形，称为该格式的磁迹位形图。磁迹位形图是设计录像机电磁系统和机械走带系统的重要依据和标准，也是保证录像机实现互换性和其它技术指标的重要标准。理想的录像机在磁带上实际扫描出来的磁迹，应该与标准规定的磁迹位形图完全一致。这样，同一格式的各种录像机之间就会具有完全的节目磁带互换性，亦即一个录像机记录的磁带，另一个录像机能完美地进行重放。但在实际上，具体一台录像机所记录的磁迹图总会与标准规定的磁迹图有一定误差，因此磁迹图的理想形状与实际记录形状的差别也是

判断录像机互换性和机械及伺服系统性能优劣的重要手段。

VHS 录像机的磁迹位形图(见图 2—6)中包括以下几种信号的磁迹位置和形状。

(1) 控制磁迹

控制磁迹是记录控制信号的磁迹,它由一系列极性按场频或帧频变化的磁平恒定的小段磁迹组成,它位于磁带的下边上。重放时,从控制磁迹拾取的控制脉冲被用来作为标志信号去控制伺服系统,使视频磁头准确地扫描视频磁迹,以保持视频信号具有正常的重放幅度。在标准规定的磁迹图上,X 值表示从控制信号(磁迹)到相应场的视频信号(磁迹)的距离。X 值的始端是控制信号,终端是视频磁头扫描到 180°时磁迹上对应的位置。在 VHS 录像机中,X 值是保证互换性的重要因素,因此 X 值的误差应控制在(±0.1%)左右。这主要靠机械走带系统中有关另件的加工和安装精度来保证。

(2) 视频磁迹

视频磁迹是记录视频信号的磁迹,不同的扫描方式具有不同的视频磁迹形状,VHS 录像机采用每场一迹的螺旋扫描方式。因此视频磁迹在磁带上一条条呈倾斜排列。每场一迹扫描方式对视频磁迹有一个重要要求,就是必须使相邻的两条视频磁迹上的行同步脉冲位置对准。行同步对准的一个主要好处是便于实现静止图像、慢速动作、快速搜索等功能。例如在静止图像重放时按规定要求磁带停止走带,磁鼓仍然按标准速度旋转并扫描同一条视频磁迹。由于同一条视频磁迹产生的信息就是同一场图像信号,所以这时录像机重放出该场信号对应的静止图像。但是,由于磁带上的视频磁迹是在标准走带速度下记录的,因此记录磁迹的倾斜角与走带速度和磁鼓螺旋角两者有关。在静止图像重放时,磁带走带速度为零,这会使磁头扫描的倾斜角与磁带上记录的视频磁迹倾斜角不同。这时,视频磁头会从一条视频磁迹上扫描到另一条相邻的视频磁迹。如果相邻磁迹之间的行同步位置没有对准,那么当跨越磁迹时就会发生同步信号的紊乱,因而出现紊乱的图像。如果行同步位置对准,则当磁头从一条磁迹扫描到另一条磁迹时,同步信号不会紊乱,可以得到稳定的静止图像。行同步对准的另一好处是利用图像信号的相关性,减小相邻磁迹信号串扰的影响。

按照我国的电视制式,一场的行同步脉冲数是 312.5 行,因此为了使行同步对准,两个相邻磁迹扫描起始点处的行数偏差值 α_H 仅能取相应于〔n+(1/2)〕H 的数值。

在 PAL 制彩色系统中,考虑到(R-Y)副载频逐行倒相,色同步以四场为一个周期进行循环和确定相位,因此为了保证相邻磁迹的色同步同相,相邻磁迹扫描起始点的行数偏差值 α_H 应取〔n+(3/2)〕H 的数值。这样,才能使得视频磁头从一条磁迹扫描到另一条磁迹时,同时保证行同步和色同步相位都不紊乱,得到色调正确的静止、快速或慢速图像。由于 α_H 值的大小必须等于〔n+(3/2)〕H,所以磁带走带速度 V_t 便不能取任意值,而必须由 α_H 来决定。α_H 与 V_t,场频 f_V、磁迹倾斜角 θ 之间的关系(参见图 2—5)可以用如下的关系式表示。

设视频磁迹上的行同步间隔距离为 K_H,则

$$K_H=\pi D_r/2n_H \tag{2—1}$$

式中,D_r 是磁鼓直径;

n_H 是一场中的行同步脉冲数。

每场时间内磁带走过的距离 a 是:

$$a=V_t/f_V$$

所以,$\alpha_H=\dfrac{a}{\cos\theta}\times\dfrac{1}{K_H}=\dfrac{V_t}{f_V}\times\dfrac{1}{\cos\theta}\times\dfrac{2n_H}{\pi D_r}$

$$=\frac{2n_H V_t}{f_V \pi D_r \cos\theta}(H) \qquad (2-2)$$

式中，f_V——场频

θ——视频磁迹倾斜角

V_t——走带速度。

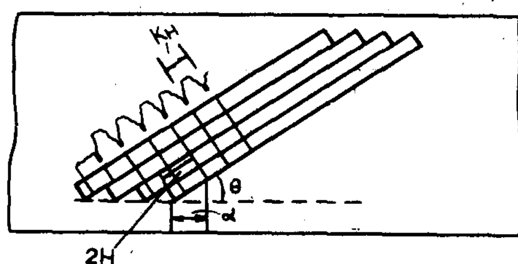


图 2—5 行同步对准示意图

VHS 型录像机 PAL—D 制式的数据是：

$V_t = 23.39\text{mm/s}$

$f_V = 50\text{Hz}$

$2n_H = 625$ 行

$D_r = 62\text{mm}$

$\theta = 5°57'50.3''$

可以验证如下：

$$\alpha_H = \frac{625\text{行} \times 23.39\text{mm/s}}{50\text{Hz} \times \pi \times 62\text{mm} \times \cos 5°57'50.3''} = 1.5\text{H}$$

(3) 音频磁迹

音频磁迹是记录音频信号的磁迹。VHS 录像机设计有两条音频磁迹。在记录立体声信号时，两条音频磁迹分别记录左通道和右通道信号。在记录单通道声信号时，两条音频磁迹可以只有一条磁迹记录信号，也可以把不同的音频信号分别记录在两条磁迹上。VHS 录像机音频磁迹是固定磁头，因此音频磁迹是纵向磁迹。但是为了提高音频信号的质量，VHS HiFi 格式中把音频磁头安装在视频旋转磁头鼓上的。这样可以大大提高录音磁头的记录速度，使音频质量大大提高。这种设备的音频磁迹具有与视频磁迹平行或重合的位置。

图 2—6 和表 2—4 示出了 VHS 录像机磁迹位形图中视频磁迹、音频磁迹、控制磁迹在磁带上的标准位置和尺寸。规定视频磁迹的长度等于 102.5mm，宽度等于 49μm，与磁带基准边的

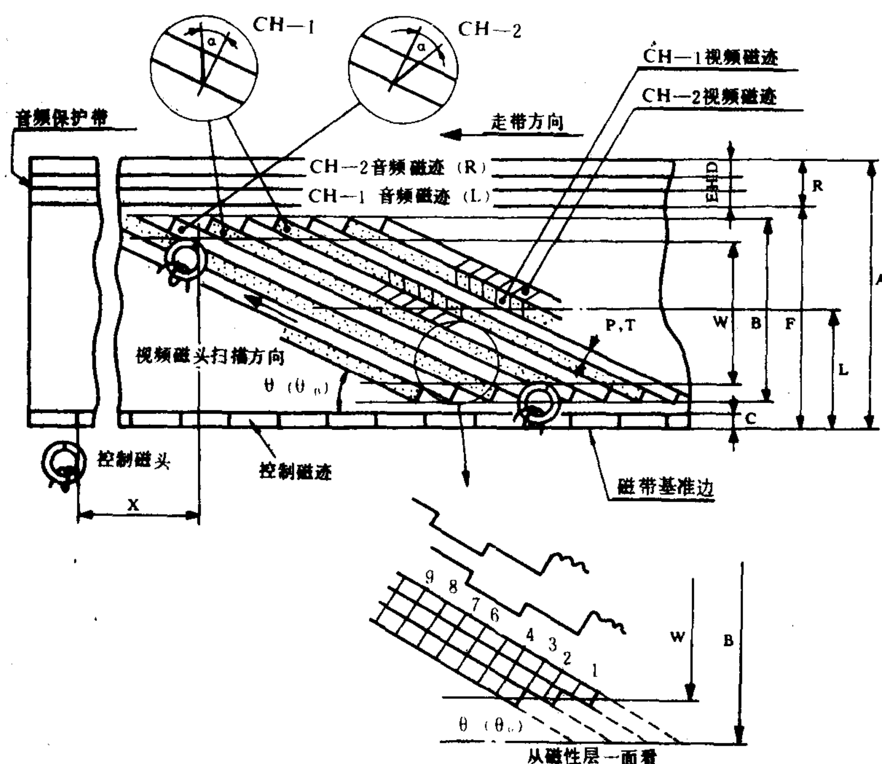


图 2—6 磁迹位形图

夹角θ等于5°57′50″。视频磁迹1与视频磁迹2的记录磁头方位角分别是(+6°)和(−6°),两者相差12°。两个视频磁头的切换位置在场同步脉冲前面5～8行处。音频磁迹共有两条,在磁带上边。控制磁迹只有一条,位于磁带下边,用于记录控制脉冲,控制脉冲的频率等于25Hz。

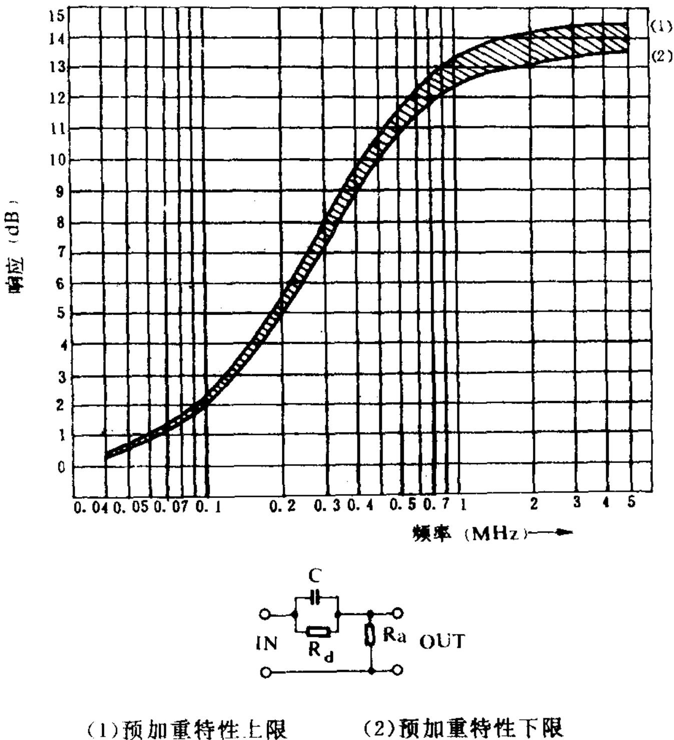
表2—3　VHS格式磁迹位形尺寸(mm)

符号	名称	数据
B	视频区宽度(mm)	10.60
W	有效视频区宽度(180°)(mm)	10.07
L	基准边至视频区中心的距离(mm)	6.2
P	视频磁迹间距(mm)	0.049
T	视频磁迹宽度(mm)	0.049
C	控制磁迹宽度(mm)	0.75±0.10
R	音频磁迹宽度(单声道)(mm)	1.0±0.1
D	音频*CH*-2磁迹宽度(立体声-右)(mm)	0.35±0.05
E	音频*CH*-1磁迹宽度(立体声-左)(mm)	0.35±0.05
F	音频磁迹下沿至基准边距离(mm)	11.65±0.05
h	音频磁迹间保护带宽度(mm)	0.30±0.05
θ	磁迹角	5°57′50.3″
θ_0	螺旋角	5°56′07.4″
X	音/控磁头位置(mm)	79.244

注:未给出公差的尺寸均为标称值。

5. VHS录像机的视频信号记录方式

VHS规定彩色电视信号的记录方式是:先将全信号分离为亮度信号和色度信号两路信号,然后将亮度信号进行调频,将色度信号进行降频,最后将两者进行混合后记录到磁带上。亮度调频信号的瞬时频率规定与亮度调制信号的幅度呈线性关系;色度降频信号的频谱形状与原始色度信号相同,但是上下边带分量位置相反。亮度信号在调频前要进行预加重和限幅切割。预加重特性和切割电平示于图2—7中。



(1)预加重特性上限　　(2)预加重特性下限

图2—7　亮度信号的预加重特性

表2—4列出了调频特征频率和色度降频的数据。

方位角记录方式对相邻磁迹间亮度调频信号的串扰抑制效果较好,但是对色度降频信号的串扰抑制效果差,因此利用色度逐行移相90°电路来抑制色度

降频信号的相邻磁迹串扰。规定磁迹 1 上记录的色度信号相位保持不变，磁迹 2 上记录的色度信号相位逐行移相(－90°)。

表 2—4　　**调频特征频率和色度降频数据**

电视制式	625 行 50Hz		
特征电平	同步顶	消隐电平	白电平
特征频率	3.8MHz	4.1MHz	4.8MHz
色度降频频率	$\left(40+\frac{1}{8}\right)f_H=626.953\text{kHz}$		

6. VHS Hi-Fi 录像机的音频记录方式

在普通的录像机音频系统中，采用像录音机那样的固定磁头录放音频信号。由于家用录像机走带速度较低，故此限制了录放音频信号的指标和质量。但是录像机具有一个录音机没有的特殊条件，即其具有一个录放视频信号的旋转磁头鼓。旋转磁头鼓大大提高了磁头磁带的相对速度。例如 VHS 录像机的磁头磁带相对速度是 4.846m/s，这比起走带速度最高的专业用录音机，带速 76cm/s 高出很多，所以完全可以满足录放高保真度音频信号的要求。旋转磁头还具有抖晃率极小的优点，这也为实现录放高保真度音频信号提供了良好基础。因此，录像机的高保真音频系统就充分利用这个特点，采用旋转磁头录放音频信号，从而大大提高了信号的录放质量。

如上所述，采用音频旋转磁头后可以提高音频录放质量，但是由于音频和视频磁头都安装在同一个旋转磁鼓上，所以在磁带上扫描的磁迹是互相重叠在一起的，为了能在同一条磁迹上分别拾取出音频与视频信号，VHSHi-Fi 录像机采用了音频调频记录、分层记录和不同方位角记录三项技术。

如图 2—8 所示，在旋转磁头鼓上，除视频磁头外再增加两个音频磁头。记录时，音频旋转磁头首先接触磁带，把音频调频信号记录在磁带上，然后视频旋转磁头再接触磁带，把视频信号记录在磁带上。如图 2—9 所示，视频与音频磁迹重叠在一起。为了避免相互串扰和保证信号录放质量，采用了磁头方位角不同和调频后分层重叠记录两个措施。磁头方位角的规定是，视频磁头仍为±6°，以便保证与普通 VHS 方式的互换性；音频磁头为±30°，以便利用方位角损耗消除音、视频信号的串扰。根据本书第一章的介绍，方位角损耗 L_θ 的大小由下式表示：

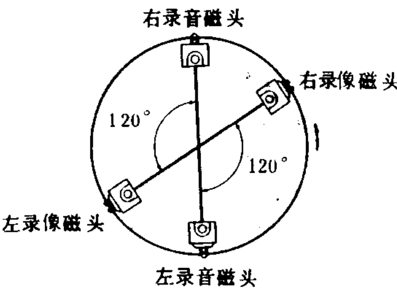


图 2—8　音频磁头在磁头鼓上的安装位置

$$L_\theta=20\lg\left|\frac{(\pi P/\lambda)\text{tg}\theta}{[\sin[(\pi p/\lambda)\text{tg}\theta]}\right|\text{dB}$$

式中，P 是磁迹宽度；λ 是记录波长；θ 是方位角角度。

从上式可以看出，由于音频调频信号的载频较低，记录波长较长，必须加大方位角，才能得到足够的衰耗量，因此音频磁头方位角取±30°。

理论分析和实验证明，当记录波长 λ 比磁带的磁性层厚度 δ 大很多时，磁带磁性层的全部厚度的磁化都是均匀的，如图 2—10 的磁化模型所示；当记录波长 λ 与磁带磁性层厚度 δ 接近时，磁带磁性层中的磁化深度变浅。当 $\delta>\lambda/4$ 时，只有表面层的 $\lambda/4$ 厚度被磁化。根据上述分析，在 *VHS Hi-Fi* 音频系统中由于音频信号调制的载频规定为 1.4MHz 及 1.8MHz，与视频信号

调制的载频相比，记录波长较长，所以磁带磁性层厚度 δ 被磁化的深度较深，而视频信号的磁化深度较浅。这样就可以先使音频旋转磁头进行记录，再使视频旋转磁头消去表面层的音频记录信号并同时把视频信号记录在表面层上。由于视频信号消去了表面层记录的音频信号，故音频信号的重放输出幅度大约衰减 12dB，并且视频信号幅度的变化还会使得消磁深度不均匀。但是由于音频信号采用调频记录方式，所以重放时可以用限幅器消除幅度变化的影响，并且还具有足够大的音频重放输出幅度。

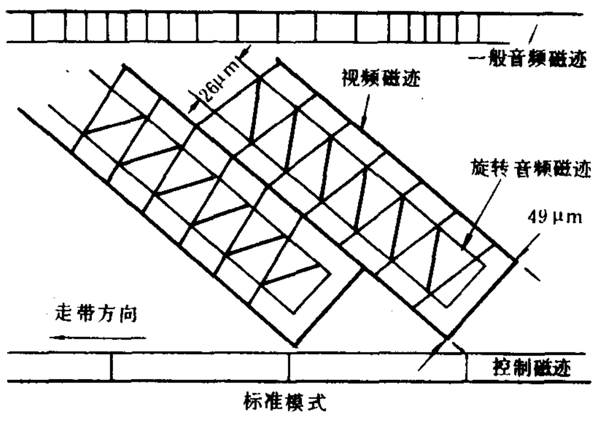


图 2—9　视频磁迹与音频磁迹重叠记录

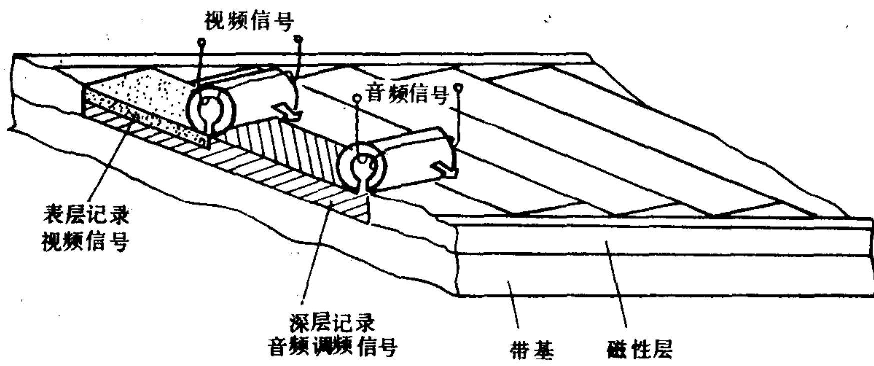


图 2—10　记录深度与记录波长的关系

在 VHS Hi-Fi 录像机中，具体规定音频系统的数据如表 2—5 所示。

表 2—5　　***VHS Hi-Fi* 音频记录数据表**

序号	项目	技术规格
1	*FM* 音频磁迹宽度	0.008mm 至 0.0245mm
2	音频磁头方位角	+30°，−30°
3	音频磁头与视频磁头的方位角方向	相反
4	记录时间差	音频比视频先记录 0 到 2 场
5	音频 *FM* 载频频率	左通道(主)1.4MHz±10kHz 右通道(副)1.8MHz±10kHz
6	最大频偏	±150kHz

2.2.2　VHS-C 格式技术标准及其说明

VHS-C 格式录像机是一种小型轻便而又与 VHS 格式具有互换性的录像机，主要作为摄录像一体机使用。在 VHS-C 格式中，为了减小录像机机芯的体积，把磁鼓直径从 VHS 标准的 ϕ62mm 减小到 ϕ41.33mm，把 VHS 标准磁带盒的体积大约减小一半，达到 92×59×22.5mm。为了使这种微型的 VHS-C 磁带盒也能在 VHS 录像机中重放，专门设计了一种 VHS-C 磁带盒

转换盒。这种转换盒与 VHS 磁带盒外形尺寸完全相同，使用时把微型带盒放在转换盒中，再把转换盒放在 VHS 录像机中，就可以正常放像了。这样，VHS-C 录像机既具有体积小，重量轻的优点，又能与标准的 VHS 录像机具有互换性。

1. VHS-C 录像机的磁带盒与转换盒

VHS-C 录像机采用 1/2 英寸宽的盒式磁带，规定磁带的电磁特性、机械特性均与 VHS 磁带相同。为了在磁带到达终端或始端时能使录像机自动停机、磁带两端也均有透明引带，要求引带的透明度、厚度、宽度、长度均与 VHS 磁带具有同样规格。

VHS-C 盒式磁带的结构外形如图 2—11 所示。

VHS-C 盒式磁带的录放时间是 20 分钟(min)，带盒尺寸 92mm 长、59mm 宽、25mm 高。VHS-C 磁带盒与转换盒的关系可参见第七章图 7—63。如图所示，在转换盒中有一个与 VHS 录像机收带盘位置相啮合的带盘驱动盘。当 VHS-C 磁带盒装在转换盒之中后，VHS-C 磁带盒的收带盘通过齿轮与带盘驱动盘相啮合，并由它驱动进行收带动作。VHS-C 带盒中的供带盘位置则与 VHS 带盒的供带盘的位置相同。因此可以在 VHS 录像机走带系统中正常工作。

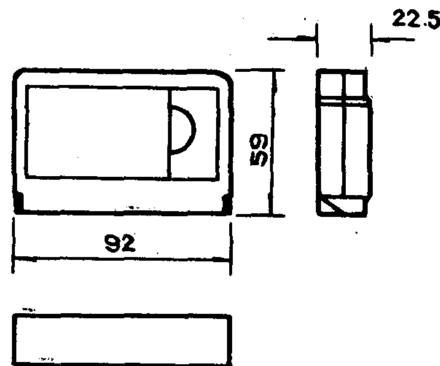


图 2—11 VHS-C 盒式磁带外形图

2. VHS-C 型录像机的磁头鼓和绕带方式

为了减小机心的体积，VHS-C 的磁头鼓直径等于 41.33mm，为了得到与 VHS 型录像机相同的磁迹位形图，在鼓上装有四个相隔 90°的视频磁头，磁带包绕角度从 180°加大到 270°，磁头鼓的旋转频率从 25Hz 提高到$(25\times\frac{3}{2})=37.5$Hz，使 VHS-C 型的视频磁迹与 VHS 视频磁迹完全相同。VHS-C 磁鼓上的四个视频磁头 A_1、B_1、A_2、B_2 由电子开关切换轮流工作，在 A_1 磁头通过入口导柱开始扫描磁带时，记录的视频信号只在 A_1 磁头口出现，并记录在磁带上。当 A_1 磁头通过出口导柱离开磁带时，B_1 磁头同时通过入口导柱扫描磁带，扫描第二条视频磁迹。如此轮流按 A_1-B_1-A_2-B_2 顺序工作。A_1 和 A_2 具有＋6°方位角，B_1 和 B_2 具有－6°方位角，扫描出与 VHS 型录像机完全相同的磁迹图，因而具有完全的互换性。

VHS-C 型录像机的绕带方式是 Ω 形，标准规定磁带包绕磁头角的角度应大于 270°，保证在每条磁迹上记录的信号比一场信号多 12 行至 16 行信号，使重放时两场信号间具有一定的信号重叠量，避免在两场信号连接处失落信号。

VHS-C 录像机的走带速度 V_T 和磁头鼓线速度 V_H 与 VHS 录像机完全相同：

$V_T=23.39\text{mm/S}$

$V_H=\pi\times41.333\text{mm}\times37.5\text{Hz}\approx4.87\text{m/s}$

磁头磁带相对速度 V_0：

$$V_0\approx V_H-V_T=4.846\text{m/s}$$

3. 其它技术标准

VHS-C 的磁迹位形图、视频信号记录方式等技术标准均与 VHS 格式的技术标准完全相同，以便得到完全的互换性。

2.2.3 S-VHS 格式录像机技术标准及其说明

近年来，随着电子技术的不断进步，随着大屏幕电视和卫星转播设备的普及，用户要求相

应地提高 VHS 录像机的图像质量。在这种情况下，日本 JVC 公司研制了 S-VHS 格式超级家用录像机。S-VHS 录像机的图像清晰度达到 400 线，比 VHS 提高 150 线；视频信噪比达到 46dB。

1. S-VHS 格式录像机采用的新技术

VHS 家用录像机视频信号录像系统采用亮度调频和色度降频记录方式，在这种视频系统中要提高图像录放质量，可以从以下几个方面来进行改进与提高：

(1) 提高亮度调频信号的载频以提高清晰度

由于受到磁头磁带录放特性上限频率的限制，亮度调频信号的上边带上端会被切掉，因此决定清晰度的亮度信号带宽主要取决于记录在磁带上的下边带频率频谱的范围。这样，提高调频载频就能提高下边带频率频谱宽度，所以可以提高图像清晰度。在制定 VHS 格式标准时，由于受到磁带技术水平的限制，所以亮度调频信号只能采用较低的载频，即 3. 8MHz 至 4. 8MHz。随着磁带技术水平的提高，S-VHS 格式将亮度调频信号的载频提高到 5. 4MHz 至 7. 0MHz，如图 2—12 所示。图像平均电平对应的载频达到 6. 44MHz，下边带宽度在 5MHz 以上，所以清晰度可以达到 400 线。

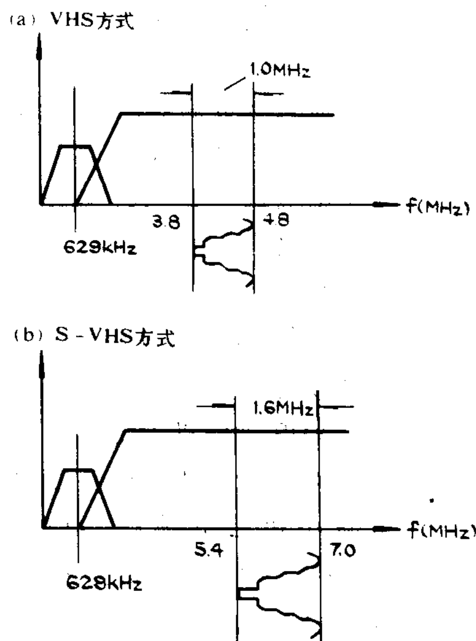


图 2—12　VHS 与 S-VHS 的频率分配图

(2) 加大亮度调频信号的频偏以改善信噪比

根据调频技术原理，信噪比的改善程度 A 与频偏 Δf 成正比，与预加重量 T 成正比，如下式所示

$$A \propto 20\lg \frac{\Delta f_{S\text{-}VHS}}{\Delta f_{VHS}} \qquad (2\text{—}3)$$

$$A \propto 20\lg \frac{T_{S\text{-}VHS}}{T_{VHS}} \qquad (2\text{—}4)$$

如图 2—12 所示，S-VHS 的亮度调频信号频偏加大到 1. 6MHz，还采用非线性副预加重方法，因而大幅度地提高了信噪比和图像层次。

(3) 采用新型的磁带与磁头

提高录像机视频信号系统的载波频率和频率偏移的前提是必须提高磁带与磁头的性能。为了照顾与 VHS 格式的系统互换性，S-VHS 格式所采用的磁带与过去的磁带一样，仍然是氧化铁磁性材料磁带。但是，磁带的表面精度和光洁度，磁性体的针状比和载噪比等方面都优于过去的磁带。在电磁性能方面与 VHS 磁带不同，VHS 磁带规定剩余磁通密度 $B_r = 1200$ 高斯，矫顽力 $H_c = 50 \times 10^3 \mathrm{A/m} \simeq 650\mathrm{Oe}$(奥斯特)，S-VHS 磁带规定 $B_r = 1600\mathrm{G_s}$(高斯)，$H_c = 70 \times 10^3 \mathrm{A/m} = 850 \sim 900\mathrm{Oe}$(奥斯特)。与此相应，S-VHS 采用新型磁头的性能也比 VHS 规定的磁头性能有很大提高。S-VHS 磁头的组合磁通密度 $B_m = 9000\mathrm{G_s}$(高斯)，相对磁导率 $\mu_r = 1000$，两项主要性能都比 VHS 的磁头提高一倍左右。

磁头和磁带性能的提高，对实现 S-VHS 规定的亮度调频信号的较高的载频和大频偏起了保证作用，对提高色度信号质量也起了重要的作用。

(4) 亮度信号与色度信号分开输出输入

在亮度信号频带宽度提高以后，为了避免亮度信号与色度信号在混合和处理过程中的干

扰，S-VHS 录像机规定采用 Y/C 分离梳状滤波器将亮度信号与色度信号分离后直接送到各自独立的输入与输出端子。规定 S-VHS 录像机各有 Y/C 分离输出、输入的 S 端子和 Y/C 混合成全信号输出的通用端子。

2. S-VHS 录像机的磁带盒结构与磁带特性

S-VHS 录像机也使用 1/2 英寸(in)宽的磁带，因为所使用的磁性材料与 VHS 磁带相同，其区别仅是 S-VHS 磁带的电磁性能更高，矫顽力 $H_c=70\times10^3$A/m，所以 S-VHS 磁带也可以在 VHS 录像机中使用，进行记录与重放。

S-VHS 磁带盒的外形尺寸结构与 VHS 磁带盒相同，但在 S-VHS 磁带盒的底部有一个进行自动识别的检测孔，以便在使用 S-VHS 录像机时判断插入的是 S-VHS 磁带盒还是 VHS 磁带盒，使录像机自动切换到相应的格式状态。

S-VHS 磁带盒的外形尺寸及识别孔位置示于图 2—13 中。

图 2—13 S-VHS 磁带盒外形图

3. S-VHS 录像机的视频信号记录方式

S-VHS 记录视频信号的方式与 VHS 的相同，即先将全信号分离为亮度和色度两路信号，然后将亮度信号进行调频，将色度信号进行降频，最后将两者进行混合后记录到磁带上。

S-VHS 格式与 VHS 格式的主要区别是亮度调频信号的技术参数标准不同参见表 2—6。

S-VHS 格式规定白峰电平对应的调频载波频率是 7.0MHz，比 *VHS* 规定的 4.8MHz 提高 2.2MHz。

在提高白峰电平调频载频的同时，S-VHS 的调频信号频偏扩大到 1.6MHz，比 VHS 规定的 1MHz 提高 0.6MHz，因而提高了亮度信号的动态范围和信噪比。

关于预加重量和黑白电平切割电平的规定，S-VHS 也与 VHS 不同。如所周知，在同样的预加重量时，如果频带加宽，则信号的过冲也相应加大，录像机中规定的切割电平就是为了限制这个过冲，使之与重放系统的频带宽度相吻合，达到正确再现波形和提高信噪比两方面的目的。在 S-VHS 录像机中，将主预加重、非线性预加重、小信号非线性预加重三种预加重组合在一起，以最佳状态来防止因载频提高而引起的信噪比下降。在图 2—14 中示出了 S-VHS 亮度系统的简单框图。

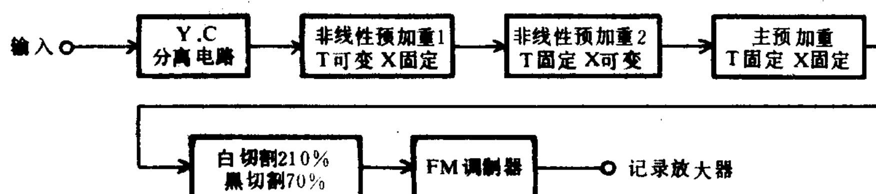


图 2—14 S-VHS 亮度系统方框图

4. 其它技术参数

S-VHS 格式的磁头鼓尺寸与绕带方式、走带系统、磁迹位形图、走带速度等技术参数均与 VHS 格式标准完全相同。

表 2—6 S-VHS 与 VHS 技术参数比较表

格式	VHS(PAL—D)	S-VHS(PAL—D)
同步顶瞬时频率	3.8MHz	5.4MHz
白电平瞬时频率	4.8MHz	7.0MHz
同步顶白电平频偏	1.0MHz	1.6MHz
主预加重量	14dB	14dB
非线性预加重量	——	7.5dB
总预加重量	14dB	21.5dB
白峰切割电平	160%	210%
黑切割电平	−40%	−70%
色度降频频率	626.953kHz	626.953kHz
色度记录方式	逐行移相 90°	逐行移相 90°

2.3 8mm 系列录像机的格式标准与技术参数

8mm 录像系统是 1985 年制定的一种新型的世界统一标准的录像格式。随着磁带的进步，近年来又发展为 *Hi*—8mm 格式录像系统，下面分别介绍这两种录像格式的特点和有关技术参数。

2.3.1 8mm 录像系统

提出研制 8mm 录像机的背景是：随着家用录像机的发展和普及，用户迫切希望研制一种世界各电视制式适用的统一规格化的录像机，以解决互换性和通用性问题。当然，这种录像机应该更加小型、轻量。在此时，松下、索尼、日立等均已开发了摄录一体机（VIDEO MOVIE、MICRO VIDEO 等），这些摄录一体机的基本设计思想是相同的，均具有以下特性：

① 使用的磁带约为 1/4 英寸(in)。

② 带盒尺寸与录音带盒尺寸相近。

③ 磁头鼓尺寸约 40mm，以减小体积。

④ 使用新开发的矫顽力达到 $1000G_s$ 的高密度磁带，即金属带和蒸发带，以便弥补由于（使用 40mm 尺寸的磁鼓）相对速度降低而相应降低的图像质量。

8mm 录像机就是基于这个基础，企图通过协商，产生一种把现代各种录像机的设计优点和新技术集中在一起的比较完善的录像机。开发之初，8mm 录像机主要作为摄录一体机，其目标是取代 8mm 电影摄影机。经过两年的时间，共有 128 个厂商、公司参加，在充分讨论与研究后规定 8mm 录像格式按照下列条件统一标准。

① 采用 2 磁头螺旋扫描方式。

② 采用 8mm 宽的金属带或蒸发带。

③ NTSC 和 PAL 是同一磁鼓尺寸。

④ 磁带盒是平行的两带盘方式。

8mm 录像系统对音频信号系统规定了三种记录方式：调频记录方式、PCM 记录方式、固定磁头记录方式。为了提高性能、8mm 录像机规定采用自动循迹方法，这不但提高了磁迹跟踪的

准确性，而且省略了控制磁迹，使磁带面积得以更充分的利用。

由于 8mm 录像机的磁鼓直径减小到 40mm，磁头磁带相对速度下降到 VHS 家用录像机的一半左右(3.1m/s)，所以为了得到高质量的图象必须使用新研制的高性能磁带。这种高性能磁带的磁性层表面光洁度达到 0.02μm(普通录像磁带约为 0.07μm)。磁粉矫顽力达到 1500Oe(奥斯特)(普通为 600Oe)，因此可以保证必要的录放图像质量。

1. 磁带类型

8mm 录像系统采用盒式磁带。规定磁带宽度等于 8mm，磁带厚度等于(13.0±0.1)μm，为了在磁带到达始端或终端时录像机能自动停机，在磁带两端接有透明引带，用光检测法实现自动停机。

磁带主要规格如下：

带盒尺寸：95×62.5×15mm

磁带宽度：(8.000±0.010)mm

磁带厚度：(13.0±1.0)μm

最长记录时间：90min

引带光透过率：波长 800 至 900nm 的光透过率为 5%以上。

磁带种类：A 类　金属涂敷磁带

　　　　　B 类　金属蒸发磁带

8mm 录像磁带盒的尺寸结构如图 2—15 所示。

2. 磁头鼓与磁迹位形图

图 2—16 示出了 8mm 录像系统的磁迹位形图。

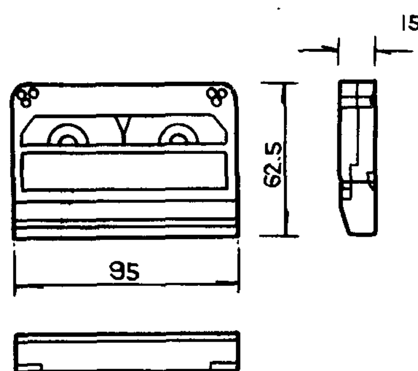


图 2—15　8mm 录像磁带盒外形图

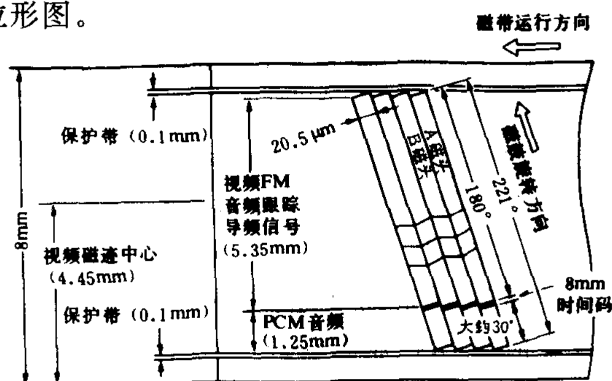


图 2—16　8mm 带磁迹位形图

图 2—17 中示出了 8mm 录像系统的磁头鼓与绕带方式。磁头鼓的直径等于 40mm，在鼓上装有 2 个相隔 180°的视频磁头，磁头鼓每旋转一周，两个视频磁头各记录一场信号。磁头鼓的旋转频率为 25Hz。与两个视频磁头相隔 30°处按装了两个 PCM 音频磁头用于记录声音脉冲编码(PCM)信号。

8mm 录像系统的绕带方式是 Ω 形，按照规定磁带包绕磁头鼓的角度应大于 221°，保证在每条磁迹上记录的视频信号比一场信号多 10 行信号，使重放时两场信号间具有一定的信号重叠量，避免在两场信号连接处失落信号。另外多包绕的 30°用于保证给以 PCM 音频信号足够的记录区域。

在图 2—16 中每条视频磁迹记录一场信号，磁迹间没有保护带，消除相邻磁迹间串扰的磁迹方位角分别为正 10°和负 10°。规定视频磁迹的宽度等于 20.5μm，磁迹长度等于 62.88mm。与 VHS 的磁迹位形图不同之处是把视频磁迹延长一段。这段磁迹作为记录 PCM 音频信号用，

以便进行高质量的音频后配音。另外，取消了控制磁迹，把磁迹导频信号重叠记录到视频磁迹区和 PCM 音频磁迹区上，使得不论是单独记录视频信号还是 PCM 音频信号，自动循迹都能正常进行。

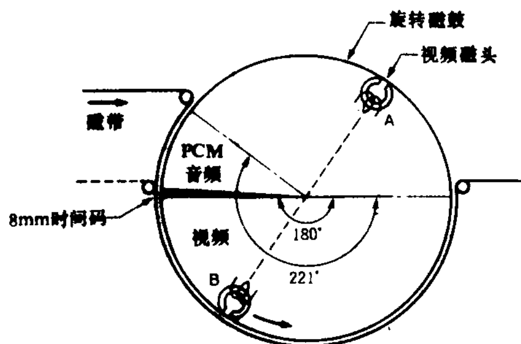


图 2—17 磁头鼓与绕带方式

3. 视频记录方式

在 PAL 制和 NTSC 制中，8mm 录像系统采用亮度调频与色度降频记录方式，这种方式与 VHS 和 BETA 采用的方式基本相同，只是调制频率不同而已。

为了防止相邻磁迹的亮度信号串扰，视频磁头的方位角分别为±10°，相邻磁迹的行频偏差规定为 1 行。所以在相邻磁迹间有行同步不对准的现象。为此在每条视频磁迹上设置了 1/2 行频频率载频偏移，以减小拍频干扰。

为了防止相邻磁迹的色度信号串扰，PAL 制采用类似于 VHS 方式的逐行移相 90°的方法；NTSC 制采用类似于 BETA 方式的逐行倒相 180°方法。

视频系统的主要规格如下：

记录方式：无保护带方位角记录

方位角角度＋10°、－10°

亮度信号系统

预加重：非线性预加重

白切割电平：＋220％

黑切割电平：－100％

调制方式：调频

载波频率：同步顶 4.2MHz

白电平 5.4MHz

频偏：1.2MHz

频率偏置：两条视频磁迹的 RF 频率采用 $1/2f_H$ 偏置，频道 1 的频率高

色度信号系统：副载频

NTSC：$47.25f_H$（约 743kHz）

PAL：$46.875f_H$（约 732kHz）

相邻磁迹间色度串扰消除方法

NTSC：通道 1 相位不变

通道 2 逐行倒相 180°

PAL：通道 1 相位不变

通道 2 逐行移相 90°

预加重：非线性预加重

色同步加强：＋6dB

Y—C 间延时：±50ns 以内

4. 音频记录方式

8mm 录像系统为了得到高保真的音质，规定可以采用三种音频记录方式，即音频调频记录方式、音频 PCM 记录方式、音频固定磁头记录方式。

音频调频记录方式是推荐使用的标准方式。它类似于 *BETA-Hi-Fi* 录像机采用的方式。规定音频信号调频后载频等于1.5MHz，频偏等于(±100kHz)，利用频率分割方法与视频调频信号共同记录在视频磁迹上。8mm 录像系统的频率分配图参见图 2—18 所示。

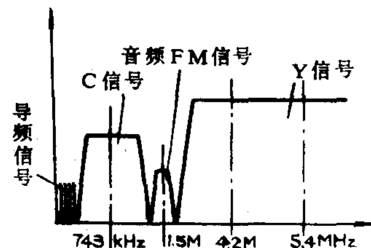


图 2—18 8mm 系统的频率分配图

音频 PCM 记录方式是将模拟音频信号转换成数字脉冲编码信号，再用旋转视频磁头进行记录的方式。规定 PCM 信号记录在视频磁迹的下端。这时磁带在磁鼓上要多包绕 30°左右，使整个磁迹长度为 77.14mm，其中延长部分为 10.6mm，专供记录 PCM 信号用。为了减小 PCM 区域，磁带上的量化数是 8 位。但因为采用了数字压缩和模拟扩展方法，可以得到相当于 80dB 的动态范围。由于 PCM 音频信号位于视频信号磁迹下端，所以 PCM 音频信号可以后期插入进行高质量后配音，而对视频信号无任何影响。

音频调频信号是和视频信号同时记录的，不能后配音记录。

在音频记录中，规定使用全频带压缩扩展型降噪系统。

5. 磁迹跟踪方式

为了提高磁迹跟踪的精确程度，8mm 录像系统没有采用传统的控制磁迹，而采用了用导频信号自动循迹法。

自动循迹能保证磁头自动地处于准确扫描磁迹状态。其原理是在记录视频信号的同时记录上循迹导频信号，并规定导频信号以 4 场为一个周期顺序记录在视频磁迹上。导频信号的频率分别规定为(*NTSC* 制)：

$$f_1=8\times 47\frac{1}{4}(f_H)/58\approx 102.5\text{kHz}$$

$$f_2=8\times 47\frac{1}{4}(f_H)/50\approx 118.9\text{kHz}$$

$$f_3=8\times 47\frac{1}{4}(f_H)/36\approx 165.2\text{kHz}$$

$$f_4=8\times 47\frac{1}{4}(f_H)/40\approx 148.7\text{kHz}$$

其中磁头 *A* 把 f_1 和 f_3 记录在磁迹 1 上，磁头 *B* 把 f_2 和 f_4 记录在磁迹 2 上。

重放时，利用导频信号判断磁头偏离磁迹的情况，调整走带速度和相位，使两磁迹拾取的导频信号串扰相等，就可以保持正确循迹。

为了具体说明循迹过程，以磁头 *A* 为例参见图 2—19 来说明。若磁头 *A* 扫描磁迹 1 的位置偏后，则拾取的导频信号为 $|f_1-f_2|\approx f_H$；若磁头 A 扫描磁迹 1 的位置偏前，则拾取的导频信号为 $|f_1-f_4|\approx 3f_H$；若磁头 A 扫描磁迹 3 时位置偏后，则拾取的导频信号为 $|f_3-f_4|\approx f_H$；若磁头 A 扫描磁迹 3 时位置偏前，则拾取的导频信号为 $|f_3-f_2|\approx 3f_H$。可见，对磁头 A 来说，凡扫描位置向前偏离磁迹时，则捡拾的导频为 $3f_H$ 成分较强；凡扫描位置向后偏离磁迹时，则为 f_H 较强；当扫描位置准确时，$3f_H$ 成分与 f_H 成分相等。因此在实际电路中，只需把这两个

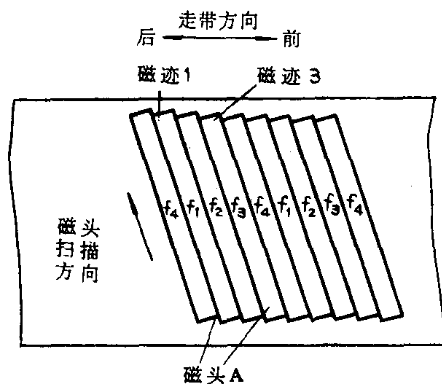


图 2—19 导频信号分布图

信号放大后，由滤波器滤出 f_H 信号和 $3f_H$ 信号，检波后再送入电压比较器得出两者的误差电压，控制主导伺服系统就可实现磁迹跟踪。

2.3.2 超 8mm 录像系统

“超 8”是现在已经商品化的录像机格式，其正式名称是“Hi BAND 8mm VTR”，即高带 8mm 录像机。它是作为普通 8mm 录像机的选用格式，简称为“Hi8”。

“Hi8”格式使用了镀膜型 Hi8 ME 系列金属磁带，超小型磁带盒，超小型磁鼓与机芯，图像清晰度达到 400 线，因此是一种综合性能好，很有发展前途的格式。

“Hi8”格式的磁带盒结构与尺寸、磁迹位形图、磁头鼓包绕方式、走带速度、视频记录方法等主要技术标准均与普通 8mm 录像机相同。但是，由于“Hi8”把视频记录的白峰电平 FM 频率提高到 7.7MHz，使频偏扩展到 2.0MHz，所以图像清晰度和信噪比都比普通 8mm 录像机系统大为提高，下面介绍“Hi8”的主要技术特点。

1. Hi8 录像系统的视频记录标准

在 Hi8 录像机中，如图 2—20 所示，亮度调频信号的同步顶载频从普通 8mm 录像机的 4.2MHz升高到 5.7MHz，白电平载频从普通 8mm 录像机的 5.4MHz 升高到 7.7MHz，因此亮度的水平分解力也从普通 8mm 录像机的 250 线升高到 400 线。由于调频频偏从 1.2MHz 增至 2.0MHz，因此信噪比也相应地提高，从而能录放出低噪波高质量图像。

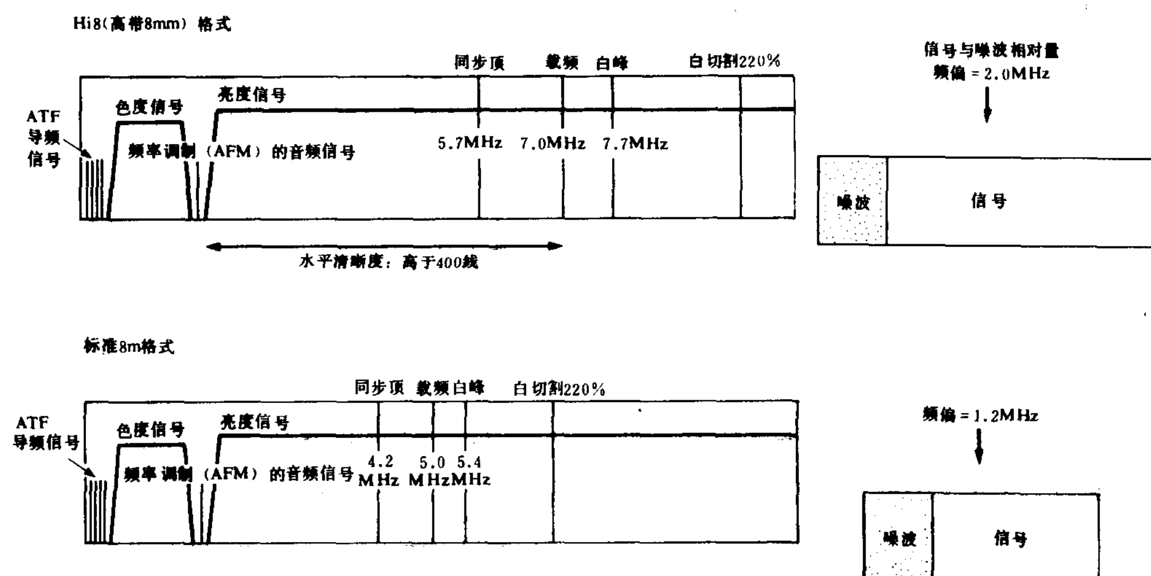


图 2—20 8mm 与 Hi8 的比较

2. Hi8 的新预加重要求

Hi8(高带 8mm)格式使用了时间常数仅有 0.47μs 的新的预加重系统，可把边界噪波减至标准 8mm 格式中的三分之一。并且，短的时间常数还可改进波形特性，从而避免了其他工作电路的干扰，加上本系统高达 220%的白切割电平，可得到精确完善的再现图像。新的预加重系统示于图 2—21 中。

3. Hi8 磁带

Hi8(高带 8mm)格式要求高密度记录，它的最小记录波长为 0.4μm。为了实现这种高密度记录，研制了 Hi8 金属－E(金属蒸发镀膜型)录像带。

金属蒸发镀膜磁带的研制成功是实现Hi8格式的关键。Hi8金属蒸发镀膜磁带是以全新的制造工艺生产的。这种工艺过程，即真空蒸发镀膜工艺，制造出纯金属合金磁带而不用任何粘合剂。其结果是：金属—E型磁带的剩余磁通密度(Br)从普通的MP(金属粒子型)磁带的2500Gs(高斯)增加到3700Gs(高斯)。也就是说，金属—E磁带具有比MP磁带高1.5倍的剩余磁通密度，这就导致了调频信号载/噪比(C/N)的改善。Hi8金属—E磁带的视频调制后的射频输出电平比标准8mm MP型磁带的输出电平高出5dB。当使用Hi8系统时，可以得到超过400线的水平清晰度。最新研制的表面处理工艺使带基平滑而且可以保护金属表面，因而减小了摩擦力，改善了磁带在Hi8录像机上的走带性能。图2—22中示出了上述几种特性的改善情况。

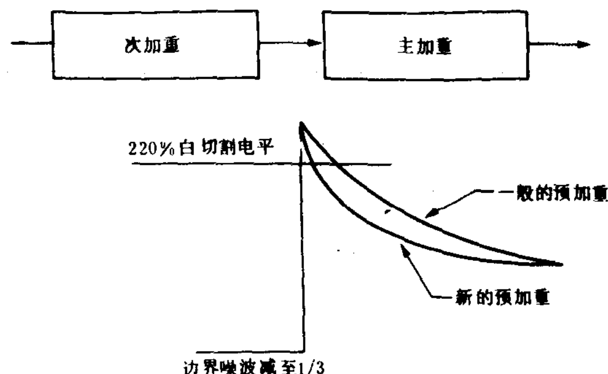


图2—21 新的预加重系统

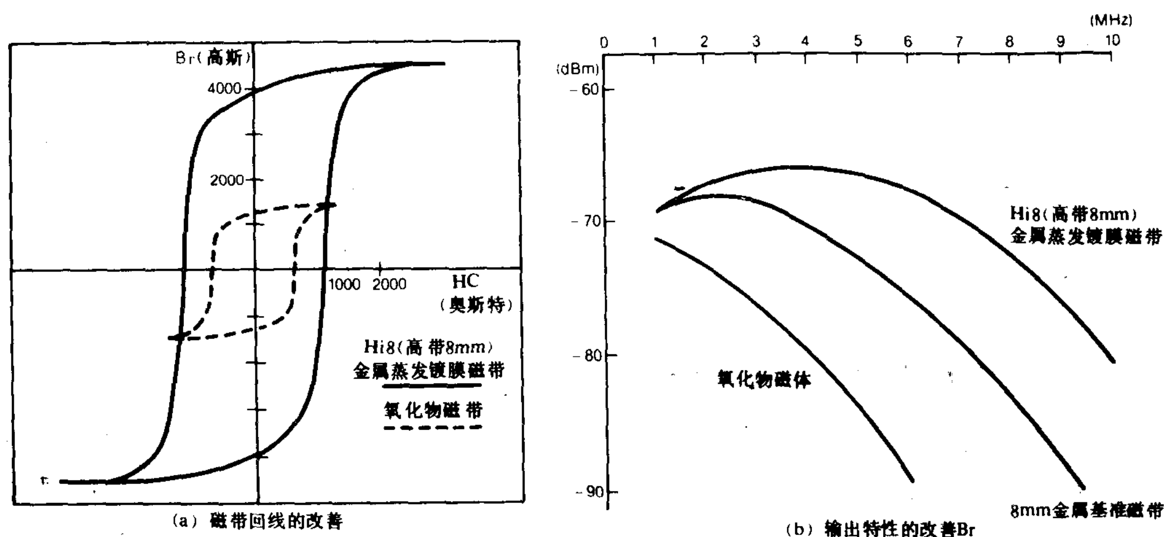


图2—22 Hi8格式磁带特性的改善

4. 倾斜式铁硅铝磁合金(TSS)视频磁头

在Hi8格式中，调频载波频率在白峰电平上频偏大至7.7MHz，其相应的记录波长为0.4μm。这是在PAL制式中所有录像机格式中最短的记录波长。为了实现如此短的波长录制，使用了最新研制出的TSS磁头。通过减小磁头间隙，提高了视频调制后的射频输出和频率响应。结果，视频调制后的射频输出电平在7MHz处增加了2dB。TSS磁头不仅提高了调制后射频输出电平，而且也改善了调频信号的载/噪比(C/N)。这是通过将新技术应用到磁头的制造上来实现的。通过将单晶铁氧体和多晶铁氧体相结合的方法，使铁氧体磁头引起的摩擦噪波减小了。因此，TSS磁头可以产生了高质量的画面。其结构示意如图2—23所示。

5. Hi8录像机与普通8mm录像机的比较

在表2—7中列出了Hi8格式与普通8mm格式的有关参数比较，可以看出，Hi8在全部性能指标上都优于或相当于普通8mm录像机。

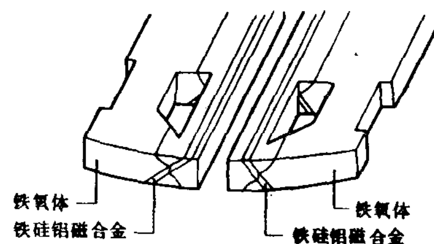


图2—23 TSS磁头结构

表 2—7　　Hi8 与普通 8mm 格式比较表

格　　式	Hi8 格式	普通 8mm 格式
输入输出信号端口	Y/C 分离或复合式	复合式
亮度信号调频载频 白电平 同步顶	 7.7MHz 5.7MHz	 5.4MHz 4.2MHz
频　　偏	2.0MHz	1.2MHz
预加重时间参数	0.47μs	1.3μs
黑切割电平 白切割电平	90% 220%	90% 220%
色度信号降频记录频率	743kHz	743kHz
磁　　带	高性能 Hi8 磁带(TSS 带)	金属磁带
带盒尺寸	95mm×82.5mm ×15mm	同左
音频记录方式	AFM 记录 PCM 记录(选用)	AFM 记录 PCM 记录(选用)
录放时间	SP:2 小时	SP:2 小时

2.4　VHS 录像机的功能与组成

2.4.1　VHS 录像机的功能与技术规格

经过十几年的发展与改进,VHS 录像机的功能已愈来愈齐全,技术指标也有很大提高。下面对普及型 VHS 录像机技术规格和主要功能作一较详细的介绍,以使读者对 VHS 录像机有全面的了解。

1. 通用技术要求

台式 VHS 录像机均把录放电路、机械机芯、电源、解调单元、RF 调制器、定时系统等装在一个完整的机壳内,我国的通用技术要求如下。

① 录像格式:VHS 标准格式,两磁头螺旋扫描,方位角记录方式。

② 电视制式:PAL—D 制式,625 行、50 场。有些录像机可以重放 ME—SECAM 或 NTSC 等制式的磁带。

③ 磁带宽度:12.65mm。

④ 走带速度:SP 状态:23.39mm/s±0.3%

　　　　　　LP 状态:11.70mm/s±0.5%

⑤ 记录重放时间:

常速(SP)状态,最长 240min 用 E240 磁带

慢速(LP)状态,最长 480min 用 E240 磁带

⑥ 视频磁头系统:2 磁头　或 3 磁头　　或 4 磁头

2. 使用要求

① 供电电源:220V±10%,50Hz±0.5%,若使用开关电源则为 110V～220V±10%,50Hz

② 环境温度：

使用环境温度：5℃～40℃

贮存环境温度：－20℃～55℃

测量环境温度：20℃～25℃

③ 相对湿度：

使用环境：10%～75%

贮存环境：0%～90%

测量环境：40%～60%

④ 功耗：根据实际情况而定，例如 30W

⑤ 工作位置：水平

⑥ 安全要求：国际电工委员会(IEC)65 号公告。

3. 输入信号指标

① 射频指标：

a) 信号频道

VHF：1～12 频道，49.75MHz～85.25MHz

168.25MHz～216.25MHz

UHF：13～57 频道，471.25MHz～863.25MHz

b) 输入阻抗：75Ω

c) 信号电平：50dBμ 到 80dBμ

d) 亮度信号信噪比

在射频输入电平为 74dBμ 时

VHF　43～46dB

UHF　40～46dB

e) 噪波系数

VHF　10dB～15dB

UHF　12dB～18dB

② 视频指标：

a) 信号制式：PAL 彩色电视标准，CCIR　625 行，50 场黑白电视标准

b) 输入阻抗：75Ω

c) 信号输入电平：0.5V_{P-P}到 2.0V_{P-P}(同步信号：图像信号＝3∶7)

d) AGC 特性：当输入视频信号电平从 0.5V_{P-P}变化到 2.0V_{P-P}时，EE 输出电平为(1.0±0.2)V_{P-P}

③ 音频指标：

a) 输入阻抗　　线路输入　50kΩ

b) 信号输入电平　　线路输入　－8～－10dB

4. 输出信号指标

① 射频指标：

a) 信号频道：有 2 个以上的频道用于输出放像信号(VHF 或 UHF 频道均可)

b) 输出阻抗：75Ω

c) 信号电平：

图像：73dBμ±4dBμ

伴音：(−10～−18)dB 相对于图像载频

d） 频率稳定度：±300 或 500kHz

② 视频指标：

a） 输出阻抗：75Ω

b） 信号输出电平：1.0V_{P-P}±20%，其中：同步信号 0.3V_{P-P}，图像信号，0.7V_{P-P}

c） 信噪比：

亮度 SP 状态 43dB 以上

LP 状态 40dB 以上

d） 水平分解力：

SP 状态 250 线

LP 状态 230 线

e） 频率响应：以 500kHz 为 0dB

SP 状态 2.5MHz −7dB 以内

LP 状态 2.5MHz −10dB 以内

f） 视频抖晃(Jitter)：

SP 状态 0.2μs

LP 状态 0.3μs

g） 扭曲(Skew) 小于 15μs

h） 亮度信号与色度信号延时差 0.1μs

③ 音频指标：

a） 输出阻抗：小于 1kΩ

b） 输出电平： −8dB±4dB

c） 信噪比：SP 状态 43dB

LP 状态 40dB

d） 失真： 小于 3%

e） 频率响应：以 1kHz 为 0dB

SP 状态：80Hz～10kHz±6dB

LP 状态：80Hz～5kHz±6dB

f） 消磁率：55dB 以上

g） 音频抖晃 (Wow and Flutter)：

SP 状态 小于 0.2%

LP 状态 小于 0.35%

5. 功能要求

我国规定标准录像机应具有以下主要功能：

① 启动：通断电源。

② 重放：重放磁带上已记录的图像与声音信号。

③ 记录：将输入的图像与声音信号记录在磁带上。

④ 起弹：将录像机中的磁带送出机外。

⑤ 快进/倒带：正向或反向快速卷绕磁带，此时不输出图像信号。

⑥ 正向搜索/反向搜索：在输出图像信号的同时正向或反向快速卷绕磁带。这时显示的图像变化速度将比正常重放时快几倍。

⑦ 静像/暂停：磁带走带停止，但仍包绕在磁鼓上。重放时输出一幅静止图像信号，记录时无信号输出。

⑧ 停止：磁带卸载收回到磁带盒内。

⑨ 慢动作：磁带间断地停止和走带，重放输出慢动作的图像。

⑩ 进帧：手动操作磁带停止和走带，使图像一帧一帧的变化。

⑪ 图像轮廓：调整图像信号的边缘轮廓。

⑫ 手动循迹(跟踪)：重放时调整循迹电位器，使视频磁头对准磁迹，消除噪波。

⑬ 自动循迹(跟踪)：重放时视频磁头自动跟踪磁迹，使视频磁头始终处于正确的循迹位置：

⑭ 蜂音：在状态变换完成时发出提示声音。

⑮ 消音：在搜索状态时，消去刺耳的声音输出。

⑯ 配音：在录有图像信号的磁带上后配声音信号。

⑰ 电视接收制式：PAL—D/I，VHF、UHF

⑱ 电视接收频道数量：可预置电视台频道 16 个以上。

⑲ 放像制式：PAL，有的还有 ME—SECAM、NTSC。

⑳ 节目预置和定时录像：预先设定好电视节目的台号，起始记录和停止记录的时间，进行定时记录电视台的节目。

㉑ 单触式记录(OTR)：按动一次 OTR 键可定时记录 30 分钟，逐次增加 30 分钟。

㉒ HQ：采用 VHS 高质量图像录放技术，例如双向轮廓校正等技术。

㉓ SP/LP：SP(常速)状态是标准走带速度，E180 磁带可录放 3 小时节目。LP(慢速)状态是慢走带速度，E180 磁带可录放 6 小时节目。

㉔ 无线(红外)遥控器：可用遥控器遥控操作。

㉕ 电子计数器：对磁带运行情况进行计数显示。

㉖ 计数清零和记忆

㉗ 自动检索：记录图像时同时录上检索信号，重放时根据检索信号快速选取所需要的节目信号段。

㉘ 磁带余量显示：能显示出尚未录放的磁带录放时间。

㉙ 自动重复：设定后可自动反复重放某一段图像。

㉚ 童锁：在遥控器上按下锁定按钮后，前面板的各个按钮均失去作用，以避免儿童误操作损坏录像机。

㉛ OSD：在电视机屏幕上显示字符、标题等。

㉜ 自动清洗磁头：自动清洗视频磁头，使录放图像始终保持最佳状态。

2.4.2 VHS 录像机的组成与总体框图

标准的 VHS 录像机由以下几部分组成：

1. 视频录放系统

视频录放系统(简称视频系统)是对视频信号进行处理和放大的部分，是录放信号的主通道，由视频磁头、磁头放大器、亮度信号录放电路、色度信号录放电路等组成。记录时，视频系统

首先把输入的视频信号分离为亮度信号和色度信号两部分，然后对亮度信号进行调频和对色度信号进行降频处理后混合在一起，经过磁头记录放大器放大后把信号送到视频磁头上并记录在磁带上。重放时，视频磁头从磁带上拾取的微弱离带信号经过磁头放大器进行前置放大，然后把信号分离为两路：色度降频信号经过色度处理电路后恢复成为色度信号；亮度调频信号经过亮度处理电路解调成为亮度信号，最后把两路信号再混合一起成为标准视频信号输出。在录像机中，用同一套视频磁头进行记录和重放，视频系统的录放状态由电子开关控制，进行切换。

2. 伺服系统

录像机的伺服系统是对录像机机械系统的机械量（如转速、张力等）进行自动控制的电路系统。

录像机是利用视频磁头与磁带之间的相对运动来把电信号变为磁信号并记录在磁带上的，所以相对运动的速度和相位是否稳定正确，对录放信号的质量有直接影响。但是，磁头磁带之间的相对运动是靠机械运动来实现的，因此，机械系统的装配误差、驱动电机的速度误差、磁带的伸缩变化等因素都会引起机械性的扰动与误差，从而在录放的视频信号中引入相当大的时基抖晃。在黑白电视中，这种抖晃会引起图像紊乱或晃动，在彩色电视中，则还会引起彩色误差。为此，必须利用伺服系统把机械量的变化控制在一定范围内，以便使被录放的视频信号具有良好的质量。

录像机的伺服系统主要包括磁头鼓伺服系统和主导轴伺服系统，有的还有张力伺服系统。

磁头鼓伺服系统的作用：记录时，使磁头鼓的转速与视频信号帧频（双磁头方式）维持一致；重放时，使磁头鼓上的视频磁头准确地扫描跟踪磁带上的视频磁迹，并使磁头鼓转速与帧频一致。实现的方法是通过控制磁头鼓电机的相位与转速来控制视频磁头的位置与转速。

主导轴伺服系统的作用：记录时，使磁带保持稳定的走带速度；重放时，自动控制走带速度，使视频磁头能准确地扫描跟踪已录的视频磁迹。实现的方法是通过控制主导轴电机的转速来控制走带速度。

3. 控制系统

在录像机中，控制系统起着指令中心的作用，它应具有操作控制、自动保护、多功能显示、电路切换、控制定时记录、无线遥控等多项指令功能。

(1) 操作功能

录像机有多种工作状态，例如记录、重放、倒带、快进、快速搜索、暂停、静像、慢速重放、配音、停止等等。机械控制保护系统应该能根据使用者选用的工作状态，产生相应的状态指令信号，使录像机按照预定的工作程序进入符合指令信号要求的工作状态。另外，根据使用要求或者由于机电结构的限制，有些工作状态之间不能转换，例如从记录状态不应直接进入配音状态，倒带状态不能直接进入暂停状态等。因此还要求机械控制系统必须具有判断能力，能够根据现行工作状态来判断是否可以进入指令信号要求的工作态。在使用时，操作者也可能不小心同时按动两个以上的操作按键。这时机械控制系统应该具有判断哪种状态优先的能力，只进入优先的工作状态，而不应发生紊乱或误动作。

(2) 自动保护功能

录像机在工作过程中，如遇到故障或异常现象，机械保护系统应该能使录像机自动进入停止状态，以免损坏录像机或磁带。异常或故障可由各种敏感元件进行检测，机械保护系统根据检测到的“异常或故障”信号进行判断后，自动进入停止状态或自动切断电源。通常规定检测的

异常情况有：磁带到达终端或始端、收带盘不转、磁头鼓不转、暂停时间过长、磁带盒未插入，过分潮湿使磁头鼓结露、磁带没有到位、压带轮未压到位上等等。

(3) 遥控功能

录像机的遥控功能包括用遥控器进行无线遥控或有线遥控。与摄像机联用时由摄像机遥控。遥控器实际上也是操作开关，但是为了便于传输多路指令信号，往往需要把指令信号进行编码和调制后再进行传输，因此机控系统中应该具有相应的编码、解码、调制、解调部分。

(4) 多功能显示功能

现在都采用多功能显示屏显示录像机工作状态。多功能显示屏一般采用荧光显示管，它是一种能显示多种符号、字母、数字的真空管。控制系统中的微机控制器根据工作状态和应显示的内容，以串行数据的形式送到显示屏驱动电路，驱动电路根据串行数据信号输出驱动信号，使显示屏显示相应的内容。

(5) 定时记录和调谐功能

由控制系统实现录像机的自动定时功能和设定调谐电视台。

目前大多数录像机采用两个微处理器来实现上述功能。其中一个用来实现操作、定时记录和显示功能；另一个用来实现自动保护、电路切换控制、驱动机芯。两个微处理器之间用传输相互信息的数据总线联接。

4. 机械系统

机械系统又称机心，它的作用是使磁带在规定的张力下，按照规定的速度运行，以实现信号从时间轴到空间长度轴的转换。机械系统主要由带仓组件、供带盘组件、收带盘组件、主导轴、压带轮、磁头鼓组件、磁带自动装载系统等组成。机械系统的主要功能有以下几个方面。

① 保证磁带盒插入录像机中后，能自动准确地啮合到供、卷带盒上；在按动起弹(出盒)键后，能自动把磁带盒退出录像机。这个作用由机心中的磁带仓组件(又称为起弹架组件)完成。

② 保证录像机在记录或重放时，能自动从磁带盒中引出磁带并包绕到磁头鼓上；录像机停机时，能自动把磁带收回到磁带盒中。

③ 保证视频磁头在磁带上按照规定的磁迹图进行记录。这个作用由走带系统和磁头鼓组件完成。它必须保证磁带以十分准确的速度和位置通过磁头鼓和各种导柱以及音控磁头等。在走带过程中，必须保证磁带的张力在规定的范围内，磁头鼓的旋转速度与帧频同步。

④ 在重放时，保证视频磁头能正确地扫描磁带上已录的视频磁迹，并拾取信号。这个作用由走带系统和磁头鼓组件完成，要求走带系统中的各种导柱、供/卷带盘、主导轴和压带轮、音控磁头以及磁头鼓组件等都按照互换性的要求准确地安装和运转。

⑤ 保证录像机机械机心(以后简称机心)各部件按照规定的时间程序运转和工作。这个作用由机心中检测各部件工作位置的定位开关或状态开关完成。

⑥ 保证磁带和机心部件不会因出现故障而受损伤。这个作用由机心中的各种自动保护用的传感器件(例如潮湿传感器、带头带尾检测器等)完成。

5. 音频系统

彩色录像机的音频系统由音频磁头、消音磁头、音频记录放大器、音频重放放大器等组成。其工作原理与一般录音机非常相似，但是在录像机中，由于视频信号与音频信号同时记录在一个磁带上，所以录像机音频系统和录音机音频系统有些差别，具体表现在以下几点：

① 录像机使用二氧化铬或其它高性能磁带，因而需要较高的记录与消磁电流。

② 录像机音频系统有两个专门的消磁磁头：一个是在记录状态时使用的全消磁头，用于

消去磁带上的全部记录信号(包括视频、控制、音频等信号);另一个是在配音状态时用的消音磁头。它只消去磁带上记录的音频磁迹,而不消去磁带上记录的其它信号(视频信号、控制信号等)。

③ 录像机音频系统的记录输入电平有两种:其中一个为线路输入电平,一般为(－20dB),用来作为线路输入或机内电视接收调谐器输入的端口;另一个为传声器输入电平,一般为(－60dB),用来作为传声器输入的端口。

④ 当录像机工作于搜索、快进、快倒、倍速等状态时,为了不发生噪声,应具有对重放声音进行抑制的抑制音频信号电路。

⑤ 在高保真度(Hi—Fi)录像机中,采用旋转音频录放磁头和调频记录方法,这样可以大大提高录放声音信号的各项指标。

6. 解调器和调制器

录像机中的解调器由电视调谐器和中放电路及检波器等组成,其工作原理与彩色电视机中的相应部分相同。解调器的作用是接收电视台的信号并解调为视频信号和音频信号,然后分别把它们送到视频系统和音频系统中去以便进行记录,使录像机具有收录电视台的功能。

录像机中的调制器又称为RF(射频)变频器。它的作用是按照本地的电视制式要求用视频信号和音频信号去调制一射频载波,使已调射频信号的频率符合预先设定好的电视频道,使录像机的信号可以直接从彩色电视机的天线端输入。

在图 2—24 中示出了由上述几部分组成的 VHS 录像机方框图。

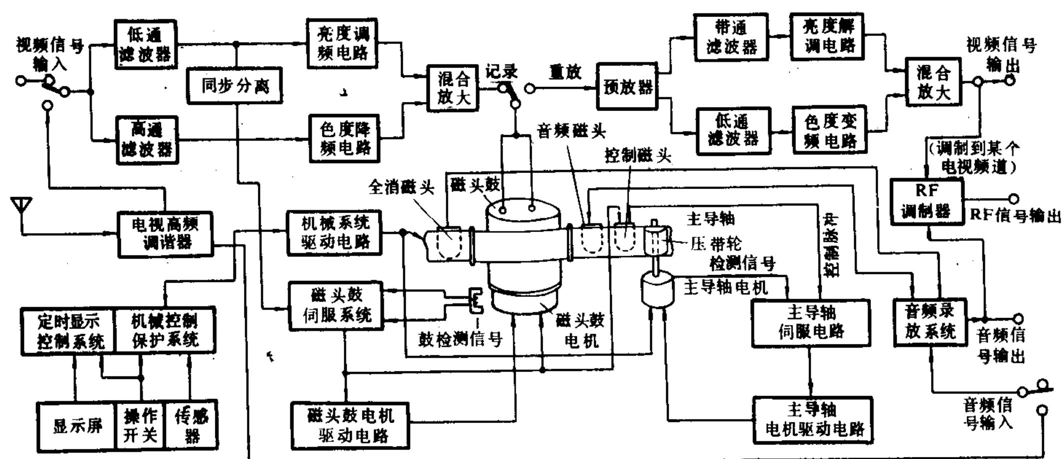


图 2—24 家用录像机方框图

从图中可以看出,录像机的工作过程可分为记录与重放两种主要状态,在这两种状态中信号流程是不相同的,下面就分别进行介绍。

① 记录状态:记录时,信号切换开关可选择两种输入视频信号和音频信号的方式:一种方式是收录电视台节目。这时从天线接收的电视台节目信号经过录像机内的电视高频调谐器(注意:这儿的调谐器包括中放及视频检波)检出视频及音频信号,作为视、音频系统的输入信号;另一种方式是转录节目磁带,直接从视频及音频信号输入插座输入视、音频信号。输入的视频信号在视频系统中分为两路,一路经过低通滤波器分离出亮度信号,对该信号进行调频处理后送到混合放大器中;另一路经过带通滤波器分离出色度信号,对该信号进行降频变换处理后也送到混合放大器中。亮度调频信号与色度降频信号混合放大后被送到视频磁头并记录在磁带上。在记录状态工作时,录像机引出磁带和使磁带走带的过程是:首先由自动加载机构把磁带

从带盒中拉出并使其包绕在磁头鼓上。其穿行顺序是:磁带从供带盒引出经过张力杆后先接触全消磁头,在全消磁头中通有从音频系统送来的超音频交流消磁信号,把磁带上原有的信号全部消掉;随后,磁带经过沿磁鼓转动的视频磁头,把经过调频和降频处理后的视频信号记录在磁带上,形成一条条位于磁带中部的斜向视频磁迹;再后,磁带经过音频磁头和控制磁头,把来自音频系统的音频信号和来自伺服系统的控制脉冲信号分别记录在磁带上下边上,形成一条位于磁带上部的径向音频磁迹和一条位于磁带下部的径向控制磁迹。在整个记录过程中,磁头鼓伺服系统均以场频脉冲作为时间基准信号,不断地与鼓转速检测信号和相位检测信号进行比较,控制磁头鼓的转速与相位,使之与场频脉冲保持一致,从而使得磁头鼓每旋转一周记录一帧(两场)信号。与此同时,主导轴伺服系统以稳定的晶振信号或场频信号作为时间基准信号,不断地与主导轴转速和相位检测信号进行比较,控制走带速度为标准的恒定的 23.39mm/s 走带速度。这样,就在磁带上面记录了符合我国国家标准规定的各种信号的磁迹位形图,完成了记录过程。

② 重放状态:录像机进入重放状态后,控制系统发出指令使自动加载(装带或挂带)系统把磁带从带盒中引出并包绕在磁头鼓上。随后,从供带盘引出的磁带经过张力杆与全消磁头接触,但由于在重放状态时音频系统不输出消磁信号,所以全消磁头不起消磁作用,不会消去磁带上的原有信号。然后,磁带与视频磁头接触,由视频磁头从磁带上拾取出微弱的大约为 $0.2mV_{P-P}$ 的离带视频信号。该离带信号经过预放器进行前置放大,把信号放大约 100 倍后分为两路,一路由带通滤波器分离出亮度调频信号并送到亮度解调和处理电路,把它复原成亮度信号;另一路由低通滤波器分离出 626.9kHz 的色度降频信号并送往色度变频和处理电路,把它恢复成 4.43MHz 的色度信号。然后这两路信号在混合放大器中混合成标准的视频信号输出。磁带经过视频磁头鼓之后运行到音频磁头和控制磁头位置时,音频磁头和控制磁头从磁带上拾取到微弱的音频离带信号和控制信号以后,由音频系统和伺服系统分别对它们进行放大和处理,产生符合技术要求的音频信号和控制脉冲。然后,音频信号被送到音频输出端输出;控制脉冲被送到伺服系统作为比较信号。在整个重放过程中,伺服系统均以稳定的机内晶体振荡器信号作为时间基准信号,与控制脉冲、磁头鼓转速检测信号(FG)和相位检测信号(PG)等进行比较,比较后产生对应于比较差值的误差控制电压,分别去控制磁鼓电机和主导轴电机,以得到稳定的走带速度和正确的磁头鼓转速及相位。这样,就可以保证从磁带拾取的控制脉冲频率仍然是帧频,保证走带速度仍然是符合标准规定的 23.39mm/s 速度,保证视频磁头正确地对准并扫描视频磁迹,从而保证得到正确复原的视频信号和音频信号,完成重放过程。

以上是家用 VHS 录像机的简单工作过程,我们在后面的章节中将分别详细介绍各部分的工作原理、实际电路与技术性能指标。

第三章 视频系统

3.1 概　述

本节主要介绍视频信号的录放过程。前面已经讲过，视频信号与音频信号差别甚大，就磁性录放而言，视频与音频之间有以下三个显著的区别。

① 视频信号的上限频率远高于音频信号的上限频率；

② 视频信号的带宽远比音频信号宽；

③ 视频信号的相位要求比音频信号要严格得多。

由于视频信号与音频信号有如此大的差异，导致录放过程中必须采取一些有别音频信号的技术处理措施，即调频技术、伺服技术，彩色相位校正技术处理等等，才能保证正常的录放。

3.1.1 录像技术中的调频技术

磁头磁带的传输特性在低频端是符合法拉第感应电势的原理的，即每倍频程上升 6dB，故在极低频端感应电势将是很弱的（直流信号感应为零），会被杂波所淹没。设视频信号的频率范围从 25Hz 到 4MHz，那么 25Hz 的重放输出信号比 4MHz 低 104dB（$20\lg\frac{25}{4\times10^6}$dB）。考虑到要拾取传输 4MHz 信号，磁头的电感只能取几 μH，这时对 4MHz 的信号可获得约 1mV 的电压，但 25Hz 信号电平比 4MHz 信号低 104dB，即只有 0.00063μV 了，这信号将完全被杂波所淹没。

为了解决低端信噪比过低的问题，必须设法减小视频信号的相对带宽（高端频率与低端频率之比）。这里所采用的办法就是采用低载频浅调制调频，并采取残留边带方式。结果，可使绝对带宽只有 3MHz 左右，而相对带宽（上下限频率比值）只有 3～4 左右。因此录像机中的调频电路有以下四大特点：

1. 低载频

一般，调频信号其载频远高于调制信号的频率，而在录像机中，由于受到磁头磁带上限频率的限制，视频信号的调频载频只能稍稍高于视频信号的上限频率。VHS 录像机载频取3.8 MHz～4.8MHz，而视频信号被限制在 3MHz 以下，所以 VHS 中载波与视频信号频率彼此十分靠近。

2. 浅调制

在无线电调制系统中，增大调制深度可以提高信号的信噪比，所以，一般的调频信号调制度都大于 1，象电视的伴音信号频偏 50kHz，最高音频设为 10kHz，则最大的调制度 $m=\frac{50\text{kHz}}{10\text{kHz}}=5$。深调制度虽然信噪比高，但造成边频大大增多，频带变宽（见表 3—1）。当然电视接收机中的音频调频带宽不成问题，而在录像机中，由于受磁头、磁带上限频率的限制，不得不降低调频信号的调制系数，以达到调频信号频谱的能量集中在第一边带。根据贝塞尔调制展开式可知，当调制系数小于 0.6 时，信号的能量集中于第一边频。VHS 的频偏只有±0.5MHz（绝对值

1MHz)，所以调制度 $m=\frac{0.5\text{MHz}}{3\text{MHz}}=0.16$。这种情况下边带能量集中在第一边带之内(见表 3—1)，绝对带宽减小到最低程度。

3. 残留边带

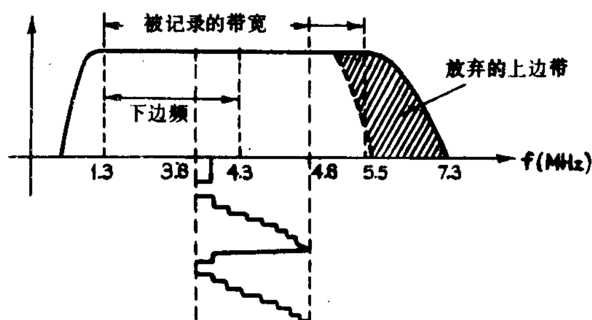


图 3—1 残留边带方式示意图

VHS 录像机调制后虽然采用了浅调制技术可以使边带收缩到第一边带内，但上边频还是高于 VHS 磁头、磁带的可记录频率范围。设 VHS 载波的中心频率为 $\frac{3.8\text{MHz}+4.8\text{MHz}}{2}=4.3\text{MHz}$，若电视信号有 3MHz 的内容，它的上边频 4.3+3=7.3(MHz)，下边频为 4.3−3=1.3(MHz)。VHS 实际的记录上限频率能力只能达 5.5MHz 左右。为此，录像机中的调频波在记录时上边带大部分是不能被记录的。录像机的调制信号主要靠下边带传送，这种方法称之为残留边带方式，见图 3—1。

表 3—1 贝 化 表

振幅 / 边频	Jn(0.5)	Jn(1)	Jn(2)	Jn(3)	Jn(4)	Jn(5)
0	0.939	0.165	0.224	−0.266	−0.097	−0.178
1	0.242	0.440	0.517	0.330	−0.066	−0.328
2		0.115	0.353	0.486	0.364	0.047
3		0.020	0.129	0.309	0.430	0.364
4	0.034	0.132	0.281	0.391		
5	0.043	0.132	0.261			
6	0.011	0.049	0.131			
7	0.015	0.053				

4. 频谱重叠

低载波调制使得信号频率与载频十分靠近，这样调频波的频段与电视信号的频段绝大部分重叠。从图 3—1 可以知道，视频信号的频谱范围是 0～4MHz，而调频信号的下边频是 1.3～4.3MHz，这是低载调频技术带来的一个特殊问题。因此防止调制信号和调频波之间的互相串扰，必须要对调频与解调采用一些新的对策。特别要指出的是，这种低载频信号在传输过程中(记录与重放)不能有不对称的非线性失真存在。因为如存在不对称分量，就有低频分量存在。这些信号在解调时无法去除，成为不可分离的干扰波。从非线性失真角度说也就是不能有偶次失真分量。这是十分有害的分量。它在解调时会重新形成载漏，此载漏又与信号的二次项的下边带产生负边频频率，折叠后又成为干扰信号。若设载漏为 f_c，信号频率为 $f_m=3\text{MHz}$，

则：第一下边频 $f_c-f_m=4.3\text{MHz}-3\text{MHz}=1.3\text{MHz}$

第二下边频 $f_c-2f_m=-1.7\text{MHz}$

这里出现的负频率，实际是信号的反相位后的实频率。即−1.7MHz 的信号是 1.7MHz 信号的反相信号(即折叠信号)，解调后将是 2.6MHz 干扰信号(见图 3—2)。

这个折叠干扰取决于不对称非线性失真量，所以在录像机中必须具有高对称性的传输系统。

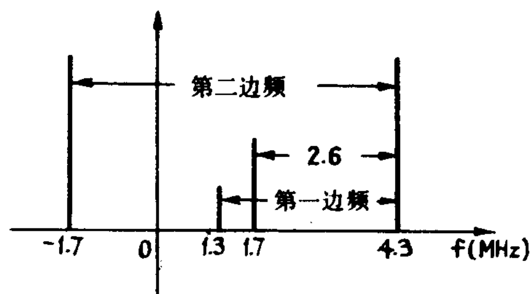


图 3—2 折叠干扰的形式

3.1.2 彩色信号降频问题

在 VHS 录像机中，上述处理过程是对亮度信号而言，而彩色信号则作降频处理，将原来的彩色信号 4.43MHz 的色信号副载频降低到 627kHz。这样做的主要目的是由于原彩色副载频为 4.43MHz，故其能量集中在 4.43MHz 附近，而亮度的调频载波也只有 4MHz 左右。这种情况下将产生拍频干扰。降频后的色副载波不经过调频处理而直接被送往记录磁头进行记录。这时等幅的调频亮度信号对色度信号起到一偏磁作用，可避免由于磁带剩磁特性起始段的非线性而产生失真。图 3—3 示出了对亮度及色度信号的处理过程。

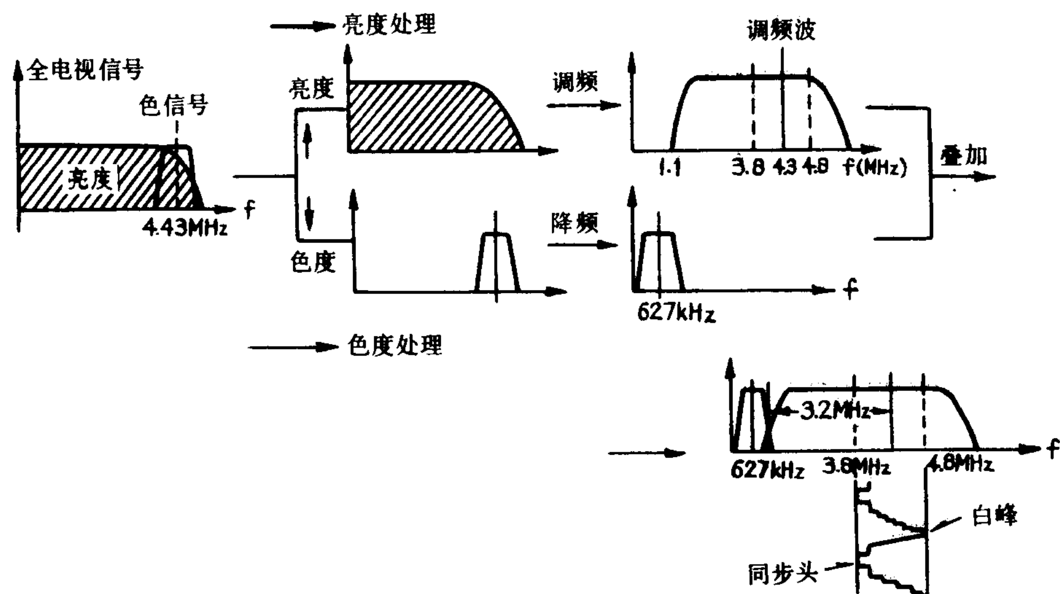


图 3—3 亮度、色度信号的处理过程

从该图可以看到，亮度信号的调频波在 1MHz 以下让给了色度信号，所以亮度信号的清晰度也因此而受到限制。因为由载波频率到 1MHz 之间，最高能调制的信号频率是 3.2MHz。这也是 VHS 的最高清晰度超不过 260 线的原因。

3.2 视频系统的组成

如前所述，VHS 录像机进行视频信号记录时，要完成亮度调频和色度降频处理。在前一节中已指出，VHS 录像机中亮度信号和载波频率是 3.8～4.8MHz。由于载波频率低，为此把亮度信号的带宽限制在 0～3.5MHz 范围内。调频后占居 1～5MHz 的频谱位置。另外，将标准的 PAL 彩色信号变换成 627±300kHz 降频信号。这时色信号带宽只有±300kHz，彩色的分辨率有所下降。但作为家用录像机并不妨碍它的实用性。±300kHz 的色带宽能保证大面积的与中等细节的彩色正确还原，在一般的电视画面上不会发生彩色缺少的(分辨率下降)感觉。

重放过程正好记录过程相反。即磁头重放的 FM 亮度信号及低变换的色度信号经过亮度

FM 解调与色度载频复原电路后两者重新合成，又恢复成了电视信号。

在实际的 VHS 录像机中，视频信号记录和重放电路很多是公用的，在记录和重放转换时由电路内部的电子开关切换完成。以记录状态为例，VHS 录像机电路组成方框图如图 3—4 所示。它分成亮度和色度信号处理两个通道。

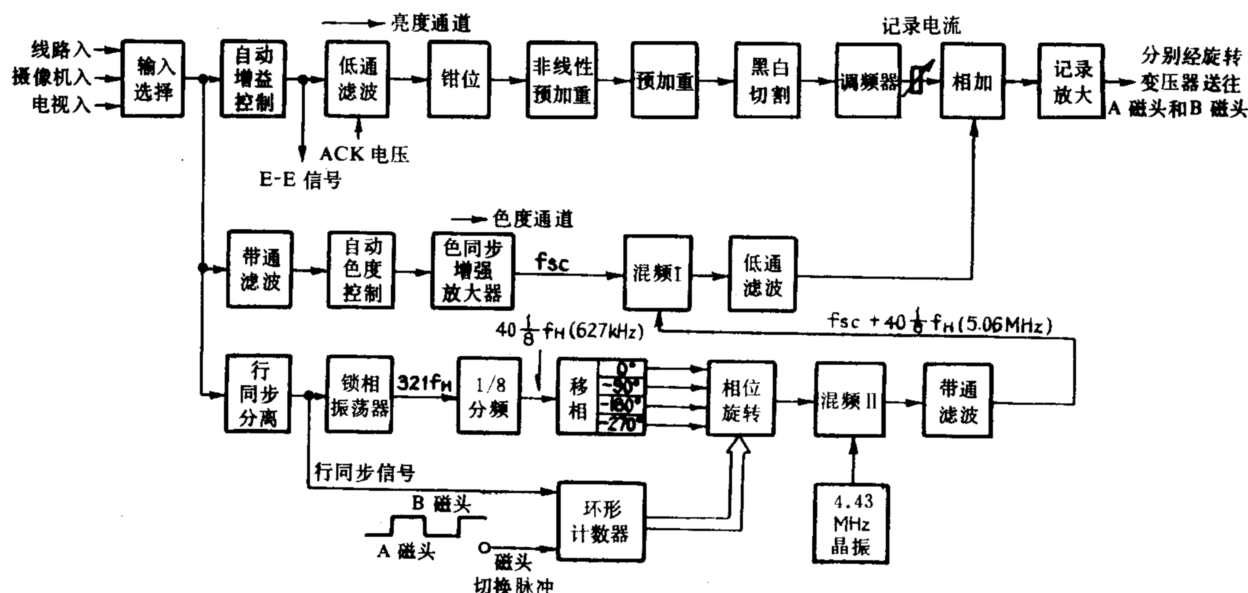


图 3—4 VHS 录像机视频系统的电路组成（记录状态）

在亮度通道中，自动增益控制（AGC）起到稳定幅度的作用，目的是能获得固定的调频频偏量。低通滤波器是将色度信号滤除，把亮度的带宽限制在 3MHz 左右，以适应低载波的需要。钳位电路是为了保证电视信号的同步头对应 3.8MHz 载频所需要的直流电平。非线性预加重实质上是电视信号的减噪装置，用来改善小信号的信噪比。白切割电路的作用是切除信号中超出白峰值太多的成分，用以防止过调制（过频偏）。黑切割电路同白切割电路有同样的作用。经过上述所处理的调频信号的载频是稳定的。

在色度通道中，带通滤波器的中心频率为 4.43MHz，带宽约±0.3MHz，其作用是从全电视信号中取出色度信号。色度自动控制电路（ACC）的作用是稳定色信号的幅度，目的是保证有固定的记录电流。色同步增强电路，只让色同步幅度增大两倍，可以提高重放时的色相位的精度。混频电路 I 是将色信号的副载频从 4.43MHz 变频到 627kHz。在混频 I 后面低通滤波器是用以滤去混频波中多余的成分。

在色度通道中要注意的是，为了实现方位角记录方式，B 磁迹与 A 磁迹的矢量（相位）要求是不一样的。B 磁迹必须每行移相 90°。首先从记录信号中分离出同步信号，然后将它 8：1 分频，得到频率为 $40\frac{1}{8}$倍行频（627kHz）的信号。这一信号通过移相电路，分别输出初相位为 0°、－90°、－180°和－270°的 4 路信号，送入相位旋转电路。相位旋转电路在环形计数器的控制下，当 A 磁头记录时送出 0°信号，而当 B 磁头记录时送出逐行移相－90°信号。环形计数器有两路输入：一路是行同步信号，它作为计数位移指令；另一路是磁头切换脉冲，它作为复位输入。当 A 磁头记录时，计数器就复位，而当 B 磁头记录时，送出逐行移相－90°的信号。相位旋转电路输出信号与晶体振荡器来的 4.43MHz 信号一起送入混频器 Ⅱ，输出一个比标准副载频 4.43MHz 高$\left(40+\frac{1}{8}\right)f_H$（行频）的 5.06MHz 信号（取和频）。最后将它送入混频器 I 和色度信号

混频（取差频信号），即可得到所需要的低载频（627kHz）色度信号。

必须指出，录像机在记录通道中，除了经上述处理后，将信号通过旋转变压器送给视频磁头之外，还直接输出电对电（E—E）信号，用来监视要记录的信号。

3.3 亮度信号的记录电路

3.3.1 输入选择与自动增益控制电路

一般录像机有二种输入方式：一是从本机电视高频头接收到的电全视信号（用 TV 表示）；二是由另外一台录像机或摄像机送来的视频、音频信号（用 LINE 表示，有的机器也有用 AV 表示）。现在的机型都是由电子开关来进行输入选择（图 3—5）。对于老型机如 NV—370 等也有用机械式开关的。

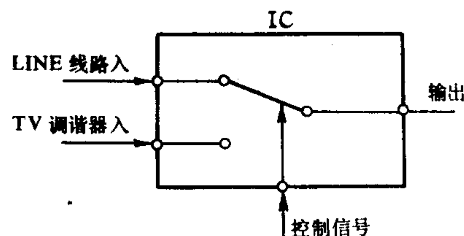


图 3—5 电子开关

输入信号，必须经过 AGC 电路。它的任务是在输入信号从 $0.5V_{P-P}$～$2V_{p-p}$之间变化时，保持输出的幅度恒定。这是因为 VHS 录像机的频偏量决定于输入信号的幅度。如果输入幅度不固定，频偏量也就不固定。过大的信号会引起过频偏，造成超过磁头记录范围的后果。过小的信号使频偏不足，引起重放后的信噪比变差。所以，到达调制器之前，信号的振幅必须固定下来。AGC 电路的原理如图 3—6。首先将钳位过的信号切下同步头，并形成一个脉冲，经延迟形成一个标准脉冲，再经混合电路叠加到亮度的同步后消隐肩上（标准脉冲大于亮度信号的最大幅度）。由于标准脉冲的幅度是固定的，所以用峰值检波器去检峰值的话，只能检出同步头幅度的变化，而与节目内容无关，经检波后的电压（误差电压）去控制可控放大器的增益。这样就能使同步幅度保持稳定。便达到了自动增益控制的目的。这种 AGC 的优点是误差电压不因图像内容的变化而变化，直到图像幅度超过标准脉冲的信号时，才开始压缩同步幅度与图像的正常比值$\left(\frac{0.3V}{0.7V}\right)$。

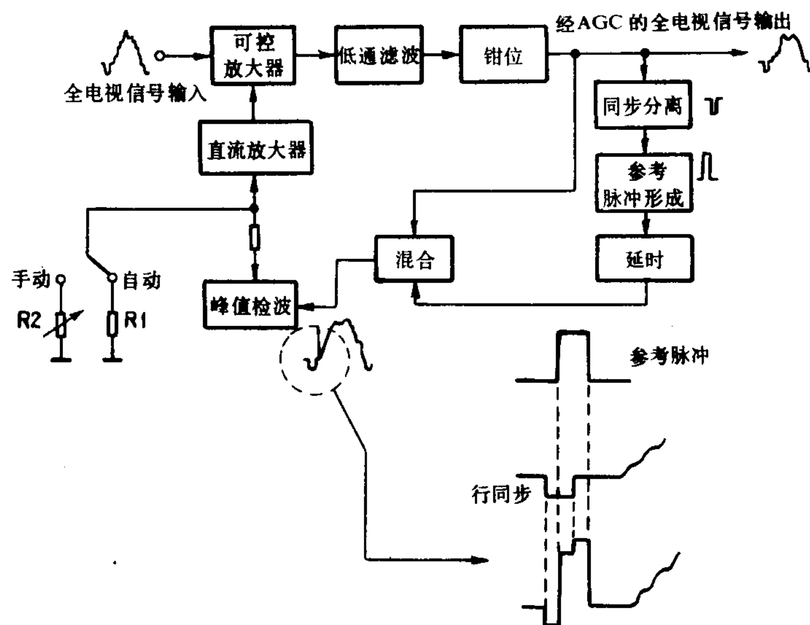


图 3—6 AGC 电路原理

随便提一下，当前生产的家用录像机，AGC、钳位等等电路常常是包括在一块集成电路内。

构成 AGC 电路的要求是：增益控制范围要大、输出信号失真要小、信噪比要好、温度稳定性要好。图 3—7 为一典型的压控放大器电路。在 V1、V2 的基极加的是两个相位相反的信号电压。设 V4、V5 在 AGC 误差电压的作用下截止，而 V3、V6 则导通，则 V2 放大后的信号经过 V6

而输出，这时获得最大的增益。如V3、V6在AGC的作用下截止，而V4、V5导通。这时由于V4、V5导通，故D1、D2也导通（在V3、V6导通时D1、D2是不导通的），这时V1、V2的集电极信号就分别经D1、D2加至V5的发射极。但因V1、V2集电极的信号是反相的，故在V5的发射极上的信号便相互抵消了，R_C上就没有输出信号。以上是极端情况，而大多数情况是AGC电压使V3、V6、V4、V5都处于导通状态，不过其导通程度不同，这时V1、V2的集电极信号有一部分抵消。这样，根据AGC电压的大小，即可控制在R_C两端的输出信号大小。另外，由于V3～V6组成双差分电路，故控制信号不影响它的直流电平。

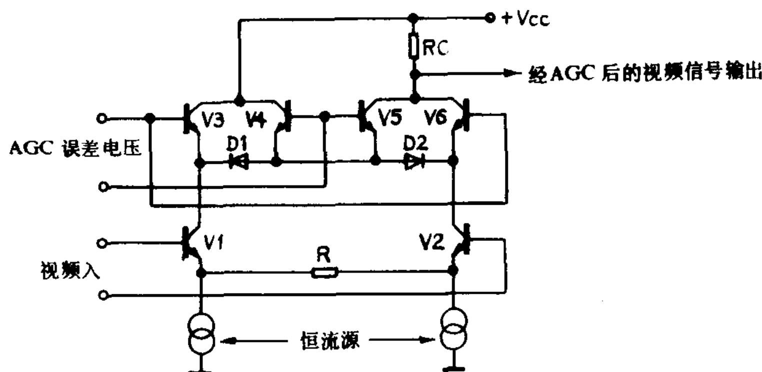


图 3—7　一种可控放大器电路

3.3.2 钳位电路

视频信号是单极性的，包含有直流成分。为了传输这一信号本需要用直流放大器，但多级直流放大器会引起电平漂移，所以实际上仍采用阻容耦合放大器。很显然，视频信号经过阻容耦合之后会失去直流或低频分量，使同步顶的电平随信号平均电平的变化而漂移（图3—8）。这一信号如送到调频器，同步顶对应的载频就不固定。为此，在视频信号送到调频器之前必须恢复直流分量，将同步顶电平固定，并把它拉到标准频偏所要求的电平上，这一任务由钳位电路来完成。

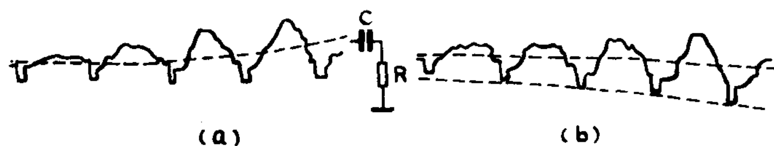


图 3—8　阻容耦合引起的同步顶电平漂移

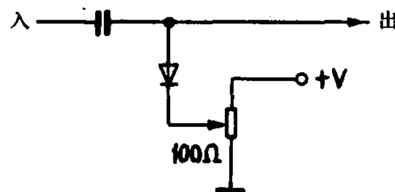


图 3—9　软钳位电路

钳位电路常分成软钳位与硬钳位两种。图3—9的钳位电路常称直流恢复器。这种电路简单，不需外同步头。但它的钳位性能偏“软”，即同步顶不是钳得十分牢固，故属软钳位。在硬钳位之前一般先经这一软钳位，目的是防止信号大幅度变动时，硬钳位电路发生误动作。

图3—10是硬钳位电路，也称强迫钳位电路。V1为钳位管，它相当一个开关。V_c为希望固定的电平，称之钳位电平。C为钳位电容，它用来储存丢失的直流分量。钳位脉冲就是分离出来的行同步头。由于该电路为同步顶钳位，所以钳位脉冲就是对准行同步。当钳位脉冲来到时，钳位管饱和导通，故此时V1集电极电压近乎等于钳位电压V_c（略去饱和压降）。同时钳位电容C被充电，其电压恰好是同步顶与钳位电平V_c的差值（即丢失的直流分量）。钳位脉冲去后，视频信号和C上的电压相加。这样，同步顶电位被拉到电平V_c上，达到钳位的目的。其波形如同图3—11所示。

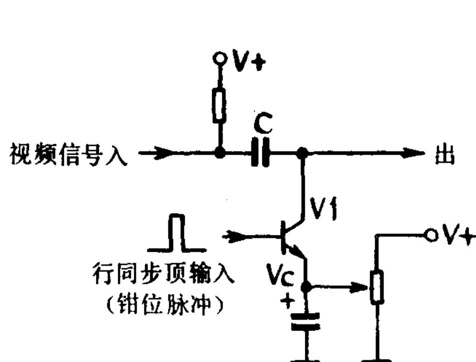


图 3—10 硬钳位电路

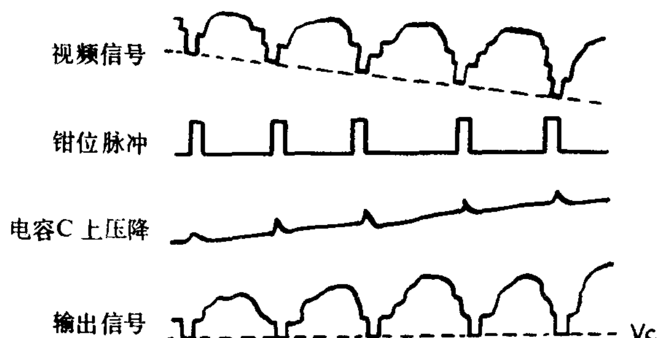


图 3—11 硬钳位波形

3.3.3 预加重和非线性预加重电路

1. 预加重电路

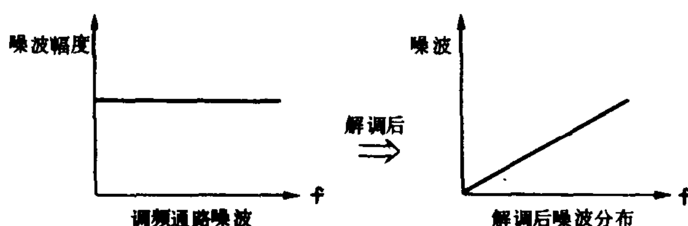


图 3—12 噪波的频谱特性

在录像机中由于采用浅调制调频技术，不可避免地使信噪比会变差。为了解决这一矛盾，在录像机中常常采用预加重与非线性预加重双重手段，来提高信噪比。电路的噪波与磁头、磁带系统的噪波，从统计理论上说可认为其频谱是均匀分布的。由于录像机的调频解调特性，是随频率线性上升的，所以，解调后的噪波频谱分布也是如图 3—12 那样呈三角形上升分布的，即频率越高，噪波幅度越大。这样，就造成了信号高频段的信噪比下降。

所谓预加重，就是调频之前，预先将视频信号的高频部分提高，人为地改变视频信号能量的分布。预加重必须在人眼比较敏感的频率上进行改善。因为调频噪波是呈三角效应的，从眼睛感觉上看，在 1MHz 附近是信噪比最需要改善的地方，如图 3—13。经过预加重的信号，在解调之后必须通过一个与预加重特性相反的去加重电路，即使其呈低频升高，高频下降的特性，使信号的频谱复原。当然，调频通路引入的三角状噪波也随之被抑制掉了。

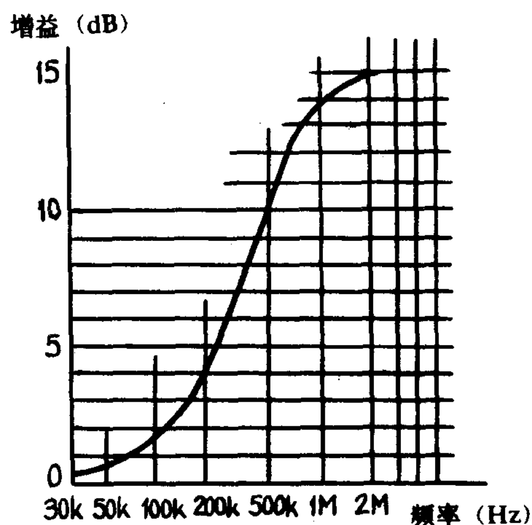


图 3—13 预加重特性

记录通路的预加重电路以及重放系统的去加重电路，一般都是利用阻容特性来实现的，如图 3—14。它是国际标准所规定的形式。

在 VHS 录像机中，电路的时间常数 $T=1.3\mu s, X=4$。

在 U 型机中，$T=0.6\mu s, X=2.5$。

上述网络有二个转折点，第一个转折点为$\frac{1}{T}$，第二个为$\frac{1+x}{T}$。

在许多录像机中，上述预加重和去加重网络并非完全相同，通常是在反馈网络中插入。若

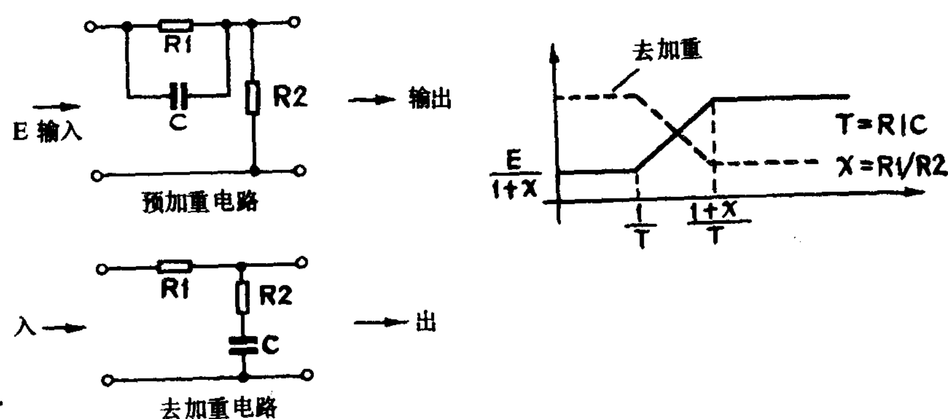


图 3—14 预加重及去加重电路

在负反馈中插入去加重网络，这时其却呈预加重特性。图 3—15 示出一个加重网络加在反馈支路中的典型电路。

反馈系数

$$\beta = \frac{R2 + Z}{R1 + R2 + Z} \qquad (Z\text{ 为 }R3\text{ 与 }C\text{ 的并联阻抗})$$

$$Z = \frac{R3 \cdot \frac{1}{j\omega c}}{R3 + \frac{1}{j\omega c}} = \frac{R3}{1 + j\omega c \cdot R3}$$

因此

$$\beta = \frac{R1 + R3}{R1 + R2 + R3} \cdot \frac{1 + j\omega\tau_2}{1 + j\omega\tau_1}$$

$$= k \cdot \frac{1 + j\omega\tau_2}{1 + j\omega\tau_1} \tag{3—1}$$

$$\tau_1 = \frac{c \cdot R3(R1 + R2)}{R1 + R2 + R3} \tag{3—2}$$

$$\tau_2 = \frac{c \cdot R2 \cdot R3}{R2 + R3} \tag{3—3}$$

VHS 录像机中，$\tau_1 = 1.3\mu s$，$f_1 = \frac{1}{2\pi\tau_1} = 122kHz$；

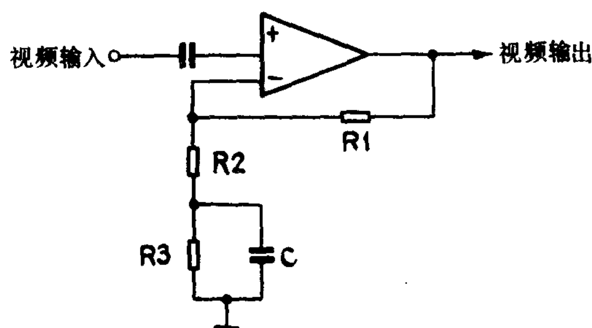


图 3—15 加重网络加在反馈支路中的预加重电路

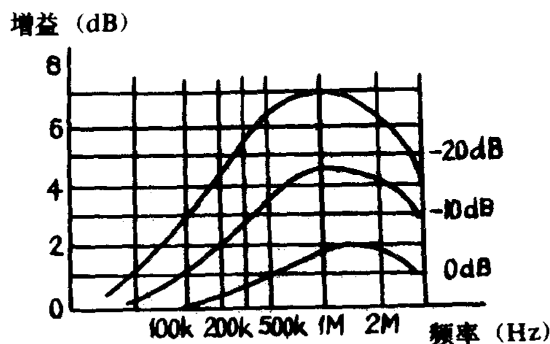


图 3—16 动态预加重特性

$$\tau_2=0.26\mu s, f_2=\frac{1}{2\pi\tau_2}=610kHz$$

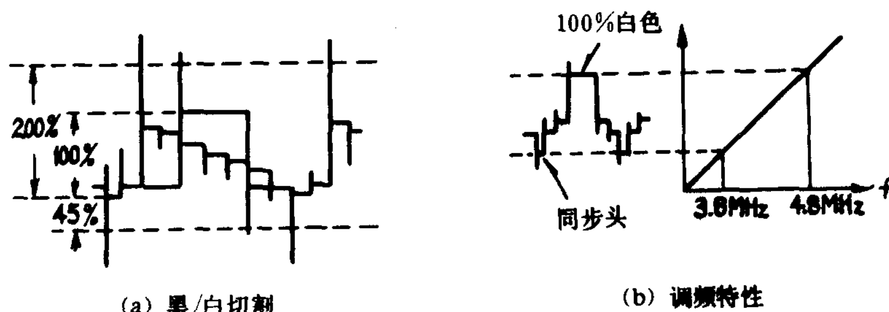
如果选定电容 C 及 R3，其它数据也随之决定了。

2. 非线性加重电路

前面所述的预加重都是将高频信号提升，改善调频系统的信噪比。但家用录像机为了延长记录时间，磁迹宽度比一般广播级录像机要窄得多，并又采用浅调制调频技术，视频信号的整个频谱内的 S/N 比就变得很差，单用前面所述的预加重，还不能使整个画面达到令人满意的地步。非线性加重是一种动态预加重的方法。其频率特性如图 3—16 所示。可以看出，其加重量不是恒定的，而是随输入信号电平的不同而变化的（指图像的低频分量）。输入信号越小，加重量就越大，呈非线性。上述对 0dB 信号在 1MHz 处只加重 2dB，而对较弱的信号－20dB 的暗画面信号，在 1MHz 处却加重了 8dB。所以动态预加重实际上是改善了小信号（暗画面）的信噪比，从而增加了磁带、磁头的传输特性的动态范围。

3.3.4 黑白峰切割电路

经过预加重处理后的亮度信号的峰峰值大大提高了，这些尖峰将使调制器产生过大的频偏，会导致超过录像机的记录能力。为此一定要把过高的正尖峰割去，防止过调制。过调制将引起白峰翻转。预加重后还产生同步头的下冲现象，它也产生调制的动态范围向下扩展的现象。所以同步头的下冲现象也必须割去，即实行黑峰切割。如图 3—17 所示。



(a) 黑/白切割　(b) 调频特性

图 3—17　黑、白峰切割

注意，白峰切割并非把过冲全部切光，这样做会将白色图像的边缘变得模糊，一般 VHS 格式保留 18％的过冲，带 HQ 技术的 VHS 机由于磁头水平的提高，可留 20～60％（对 S-VHS 格式，则可留 110％）的过冲量，这样从主观上增加了图像的清晰度。

3.3.5 频率调制器

频率调制器是亮度记录处理的核心电路。由于录像机中采用了低载频，故对调制器有十分严格的要求：调制器的波形要有高度的对称性，所以实际采用的多谐振器比较复杂，以求载漏达到最小值；调制器的线性要好，要求在 1MHz～8MHz 范围内线性变化，以求小的失真量；有足够的温度——频率稳定度，达到输出频率正确。

图 3—18 是目前集成电路广泛采用的一种频率调制器简化电路。V1、V2 做成对耦的多谐振荡器。这种电路具有深度的正反馈回路，保证在高频状态有较好响应。由于 V1，V2 的发射极处于恒电流控制状态，保证了线性及高灵敏度的要求。全部电路都是由差分型结构构成，所以温漂得到较好的克服。

图 3—19 示出对 FM 调制器的频偏线性要求。

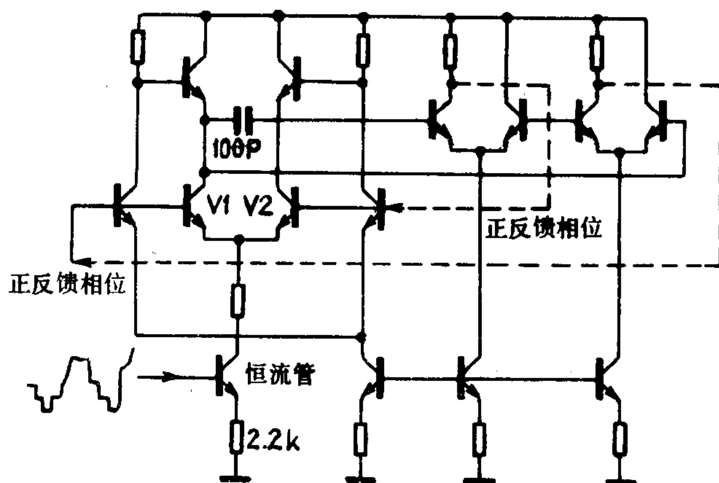


图 3—18 频率调制器简化电路

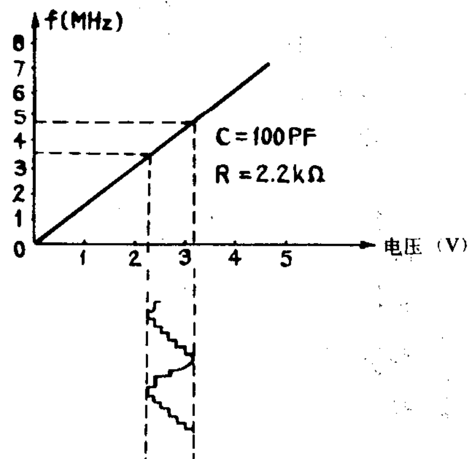


图 3—19 对 FM 调制器的频偏线性要求

3.3.6 磁头记录放大器

调频后的亮度信号必须经过 1MHz 的高通滤波器滤除 1MHz 以下的成分才送入记录放大器。这是因为 VHS 录像机的彩色成分变成 627kHz 后，要占用 1MHz 以下的频谱位置(见图 3—3)。记录放大器的主要任务是:馈送给磁头最佳记录电流。录像机的重放输出信号开始是随记录电流增大而增大的。但当记录电流上升到某一值，重放输出到达最大值，以后记录电流再增大，重放输出反而减小。一般使重放输出到达最大值的记录电流称作最佳记录电流(有的书上规定输出到达最大值的记录电流点退回 1dB 的值为最佳记录电流)。在实际记录中，最佳记录电流是多种频率的复合，它们是互相作用的，所以最佳点选择实际上还要复杂一些。那么两种不同频率的信号叠加后记录情况究竟怎样呢?两者之间关系(幅度和频率)怎样才比较合适呢?

我们假定亮度调频载波频率 f_0 为 4MHz、色副载波频率 f_c 为 627kHz，并对 4MHz 亮度信号以最佳记录磁平记录，使叠加其上的 627kHz 色度信号的记录磁平变化，这样得出的在使用频带内各频率成分的重放电平变化情况如图 3—20 所示。由图可知，当 627kHz 信号记录磁平提高到某一值时，4MHz 亮度信号重放电平开始下降。降低转折点处的 627kHz 信号重放电平比 4MHz 信号重放电平低 12dB。此时，627kHz 信号的记录磁平为最佳，即亮度信号、色度信号的综合重放特性最好。

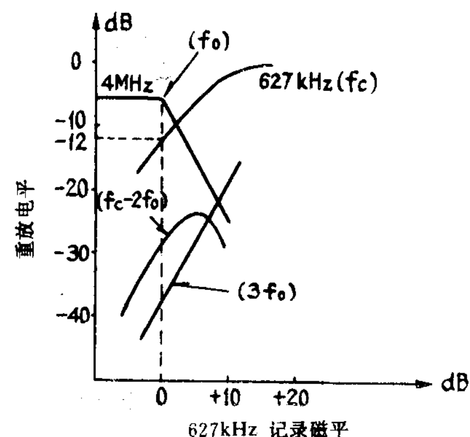


图 3—20 两信号重叠交叉磁场特性

另外，注意下降转折点处的(f_c-2f_0)和 $3f_0$ 频率成分中，(f_c-2f_0)成分的电平较高，解调后它成为 $2f_c$，即使 f_0 变化，这个频率成分也不改变，它形成差拍干扰而使图像质量下降。因此，必须选定好降频色副载波频率，使这个频率成分与亮度信号频率间置。

记录磁平过大时差拍干扰增加，而调频输出降低，但过小时色度信号信噪比降低。因此，627kHz 信号的记录磁平规定为饱和点重放电平之下 10～14dB 时的磁平值。

图 3—21 示出 627kHz 与 4MHz 信号重叠后的记录重放特性。在 4MHz 信号重放电压不降

低的范围内，627kHz 信号的线性在叠加 4MHz 时比不叠加时要好。可见，借助调频波来重叠记录，色度信号能在线性良好的情况下记录和重放。

录像机的最佳记录电流，一般说来不同种类的录像机是不一样的。VHS 机大约是 30～50mA；U 型机大约为 40～60mA；广播级录像机在 30～100mA 之间不等。记录电流还与视频磁头新旧程度而有所差异。

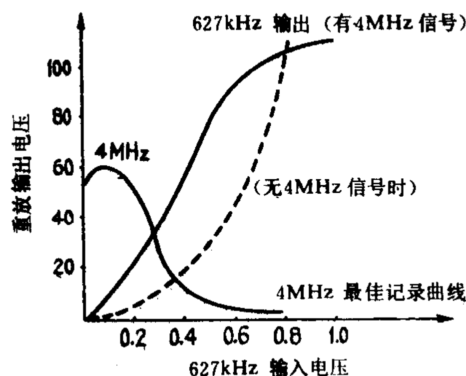


图 3—21　两信号重叠后的重放特性

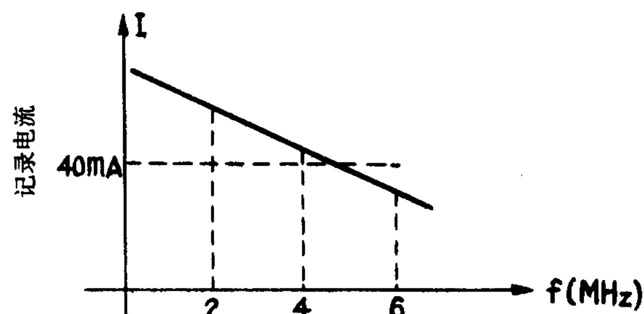


图 3—22　记录放大器的频响特性

最佳记录电流随不同的频率而变。一般情况下频率越高，所对应的记录电流也越小。所以，为了满足各种频率的最佳记录电流要求，记录放大器的频响应该随频率升高呈倾斜形下降。如图 3—22。

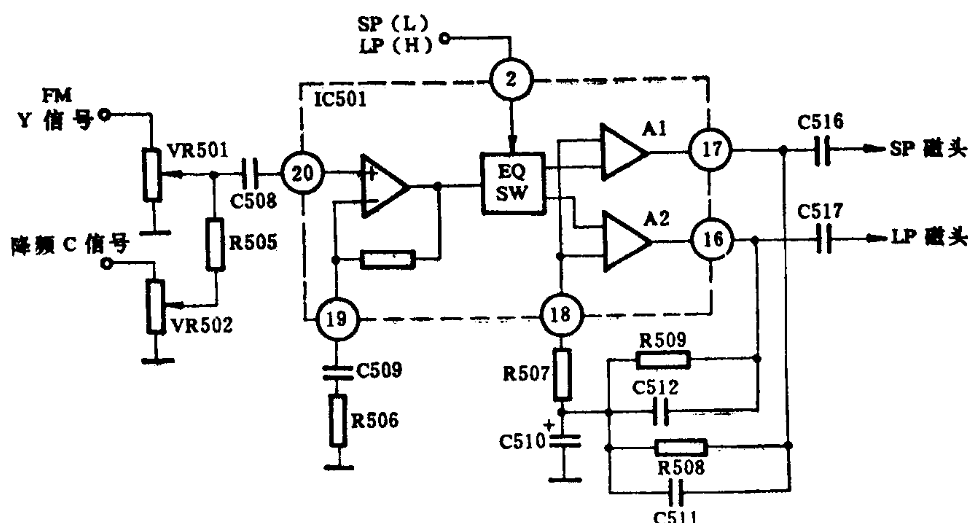


图 3—23　一种集成电路记录放大器电路

图 3—23 是一种由集成电路构成的记录放大器电路。现代 VHS 录像机电路中，都是将预放与记录功放做在一块集成电路之内，录放转换由集成电路电子开关完成，记录时磁头两端 0.5V_{P-P}左右的 F_M 电压，相应于 40mA 记录电流。这些数据当然是随机型的不同而有所变化。图 3—24 是记录电流的波形。调频波形的包络的产生原因主要是同步头的调频频率低于白信

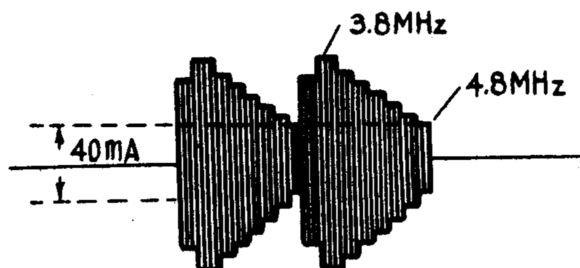


图 3—24　记录电流波形图

号的频率。图中 40mA 指中心平均值。

3.4 亮度信号的重放电路

重放电路的基本构成如图 3—25 所示。两视频磁头交替拾取磁带上的信号，经旋转变压器加至各自的前置放大器（磁头放大器）放大后，供给电子切换开关。电子切换开关的控制信号由伺服电路供给。它是与视频磁头同步的 25Hz 的方波脉冲，通过它控制电子切换开关切换，使得两路通道重放的信号组成一个连续的信号。在这个重放信号中含有降频的色信号，所以必须用高通滤波器加以滤除。反之，色信号是用低通滤波器（0～1MHz）取出。经过高通滤波器的亮度信号就加入到失落补偿电路（DOC）。此电路是利用视频信号的行相关性来补偿由于磁带的损伤，磁粉的失落等所发生的视频信号的丢失。它的基本原理是将前一行的视频信号代替失落一行的信号。由于图像信号邻行的相关性及人眼的视觉特性，使主观感觉不出失落。

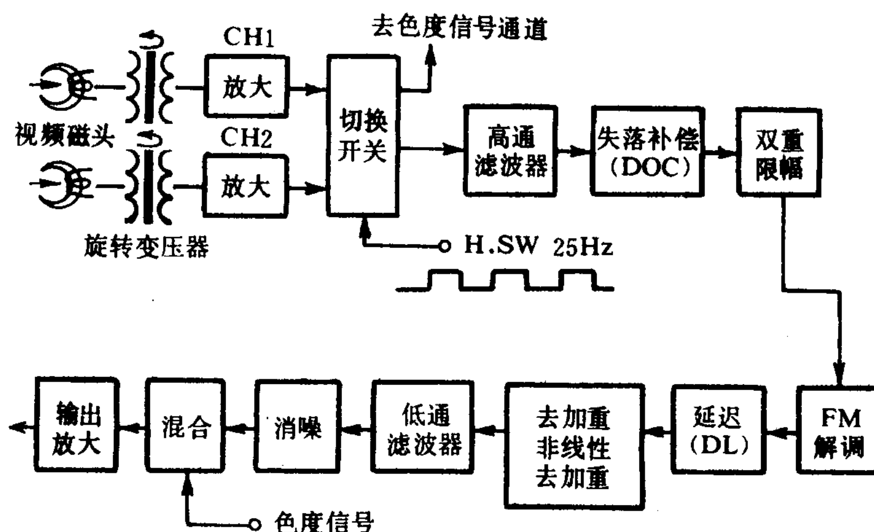


图 3—25 亮度重放通道方框图

经过失落补偿电路的 FM 亮度信号，加至双重限幅电路，用以消除重放 FM 信号中的电平变动，更重要的是限幅电路有恢复上边带的功能。由于 VHS 录像机的上限频响较差，在白峰处会发生反转现象（白黑倒置）。为解决此现象，这里采用了双重限幅器（DL）。经双重限幅后，再经解调器把 FM 信号恢复为亮度信号。然后经延迟线（DL）对亮度信号作一定的延迟，以便与重放色信号在时间上对齐。接着，亮度信号再经过具有与记录时预加重与非线性预加重特性相反特性的去加重电路和非线性去加重电路，使信号振幅的线性恢复其原状。

下一级是低通滤波器，用于除去来自 FM 解调器的 FM 载波及其高次谐波成分。

最后经消噪电路，将亮度信号的噪波进一步抑减，再与色度信号混合形成全电视信号经放大输出。

上面是亮度重放电路的信号流程和各电路的大体工作状况。下面对各种电路的结构和工作原理作进一步说明。

3.4.1 重放前置放大器

前置放大器把从磁头送来的微弱信号放大，然后送到下一级。设计前置放大（预放）器的目的是尽可能降低包括磁头在内的整个预放电路的噪波影响。

现代录像机中，视频磁头的阻抗都做得很低，电感量只有几个 μH，感应电压只有几十 μV

的有效值，而前置放大(预放)器的输入阻抗总是高于磁头阻抗许多倍。因此磁头与放大器之间一般要经过旋转变压器的匹配。图3—26为典型前置放大器(磁头放大器)的电路及与磁头的匹配。

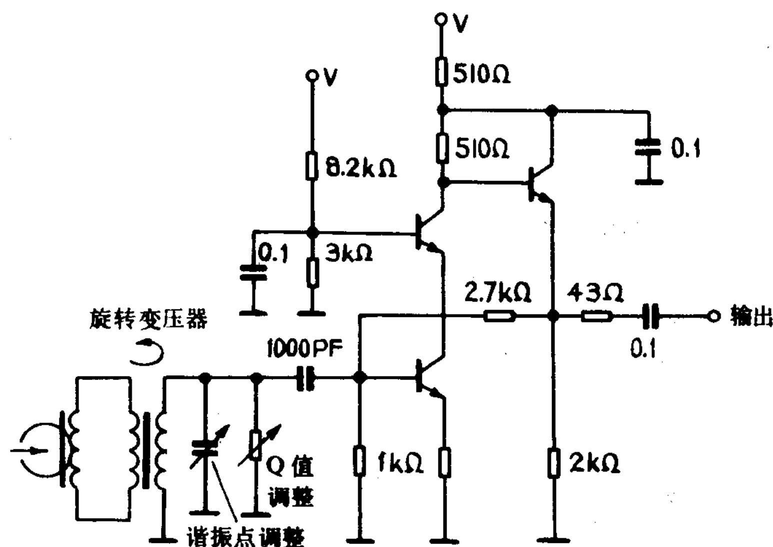


图3—26 典型前置放大器及与磁头的匹配

分析预放器首先应考虑它的信噪比。为了获得高的信噪比，光是选用噪声系数小的晶体管还不行(当然，这也是必要的)。在实际电路中，要获得高的信噪比，除了要求噪声系数小之外，更重要的是挑选高跨导的管子。通过对前置放大电路的分析，还可得知，决定低频段(627kHz)杂波大小的因素主要是第一级晶体管 r_{bb} 和 r_e。r_{bb} 是基极扩散电阻，它随晶体管跨导的加大而减小，r_e 是发射极扩散电阻，它与工作点电流有关：$r_e \propto \frac{1}{I_E}$。所以减小 r_e 的方法是使工作点电流大一些，这与一般认为第一级应工作在小电流的认识不同。

第一级选用高跨导管有利于减小噪波的物理意义也是很明确的。在管子的噪声系数一定的条件下，跨导越高，其对第一级输入端的小信号转换成大信号的能力越强，当然输出端的信噪比也就越好。

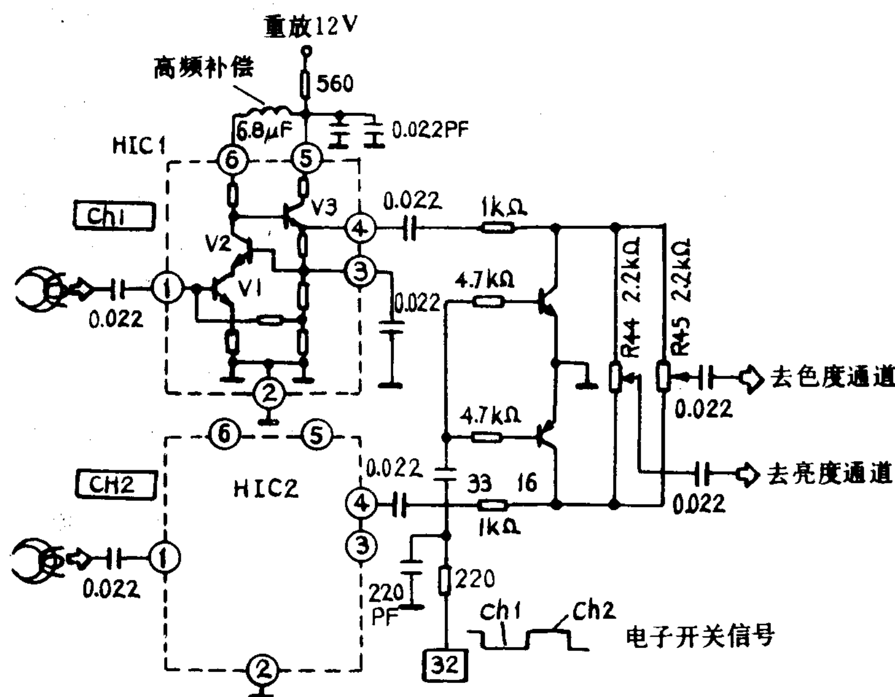


图3—27 基地—射地前置放大器

现代VHS机要求体积小，因而多将前置电路做在厚膜电路内，如图3—27。它常常把第一级设计成基地—射地电路。这种电路的优点是增益高、频响宽且不产生自激振荡。输入有并联电压型负反馈，可以进一步扩宽频响。因频响是反比于跨导的$\left(f_T \propto \frac{I_E}{\text{跨导}}\right)$。这样可以解决由于高跨导带来频响下降的问题。

图3—28是新型VHS机的前放级集成电路。它的基本构造也

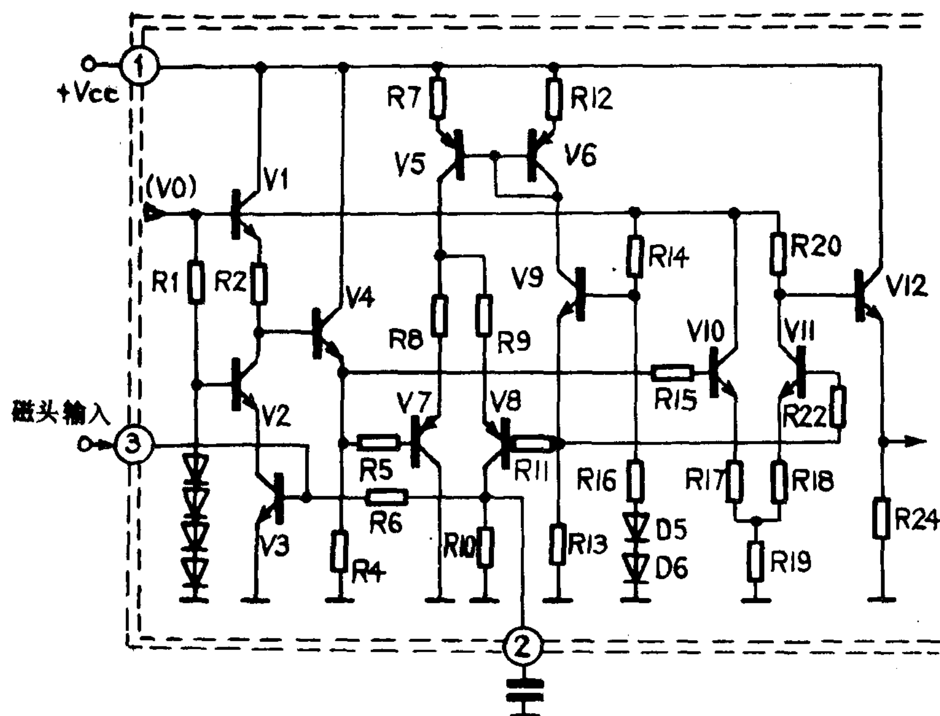


图 3—28　新型集成前置放大电路

是共基共射电路。V3 是共射极，V2 是共基极，V4 是共集电极。此集成电路无须外接元件。

磁头磁带的传输特性如图 3—29 所示。从图可见，高频区域下降得很厉害。为了补偿这高频端的下降，多利用磁头电感与外电路电容器谐振的方法，使综合特性趋向平坦，即实现频率均衡。在 VHS 录像机里，谐振点设在 5MHz 左右，并且可以改善信噪比。所以常常在磁头与前放输入级之间插入一个电容器来调整其谐振点，并且 Q 值也可以控制，即加入阻尼电阻就是为此目的。

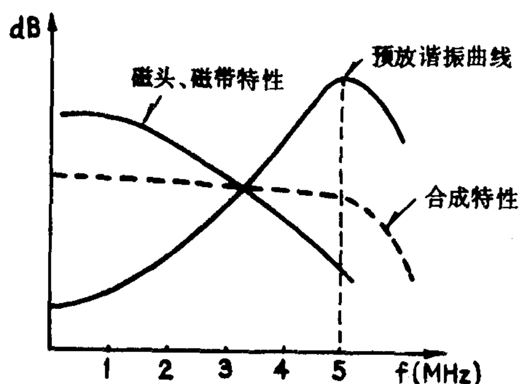


图 3—29　利用谐振提高高频端电平

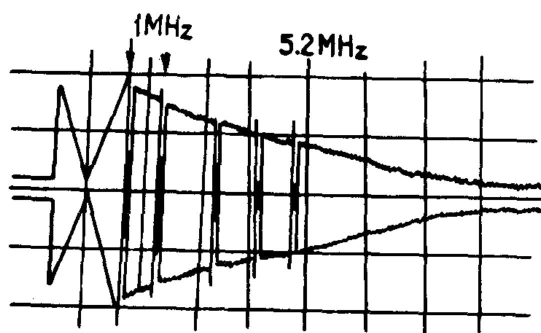


图 3—30　实际的前放频响特性

在实际的录像机中前放级的合成磁头、磁带的频响特性如图 3—30，它并不是调成平直而是倾斜形的。这是因为调成平直的曲线，势必要用很尖锐的预放特性，这种特性会造成解调后视频信号的“微分”特性的劣化。这里的“微分”的含义是视频信号幅度大小与 FM 的旁频幅度大小有以下的关系：

$$A=K\frac{\rho_1+\rho_{-1}}{\rho_0} \tag{3—4}$$

式中，A 为解调后视频信号幅度，ρ_0 为载波中心幅度，ρ_1、ρ_{-1}为上下一对边带幅度。所以根据上式，如果谐振曲线太尖锐，将使 ρ_1、ρ_{-1}减弱，从而减弱了解调后的视频信号。在前放中用输入的阻尼电阻加以调整谐振电路的 Q 值，使解调后的亮度信号的脉冲波形得到改善。

3.4.2 磁头切换电子开关

磁头切换电子开关的任务是把两个磁头依次重放出来的信号变成连续的信号。切换电子开关工作时，将磁头与磁带不接触的一路磁头关闭，而接通接触的一路磁头。因而电子开关有利于改善混合信号的信噪比。设第一路的噪波是 e_1，而第二路是 e_2，如不切断其中的一路，则合成的噪波应是：

$$e_0 = \sqrt{e_1^2 + e_2^2} \tag{3—5}$$

如二路的噪波是一样的，即 $e = e_1 = e_2$，则混合的噪波是：

$$\log e_0 = \log\sqrt{e^2 + e^2} = \log e\sqrt{2} = 3\text{dB} + \log e$$

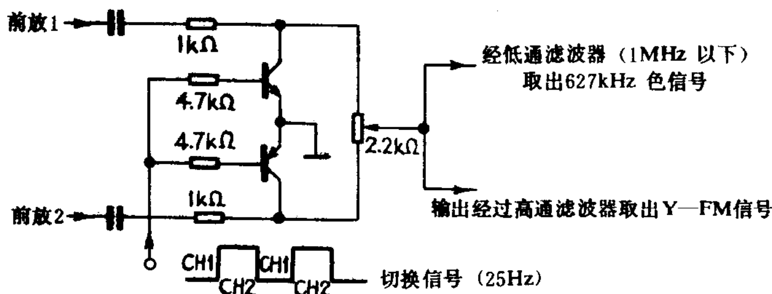


图 3—31　电子切换开关电路

这就是说，电子开关可以改善3dB 的信噪比。

图 3—31 是电子切换开关电路，从图中可见，磁头开关切换信号是 25Hz 方波，它来自鼓伺服系统。当切换信号呈低电平时，CH1 接通，CH2 被短路，反之是高电平时 CH2 接通，而 CH1 被短路，从而完成了连续信号，见图 3—34。

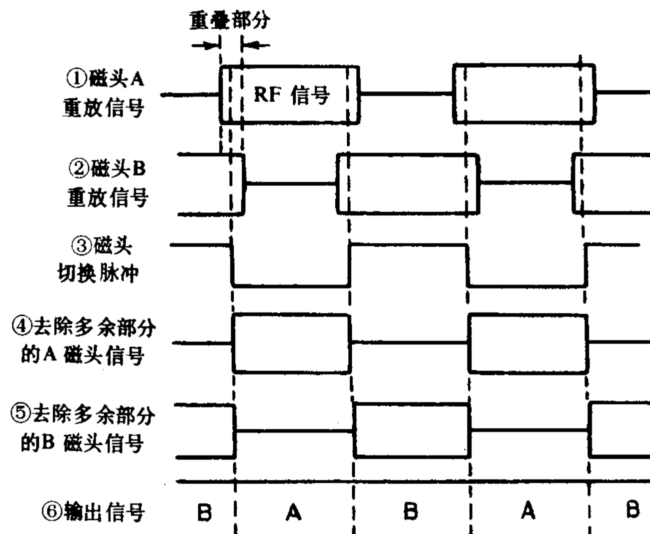


图 3—32　两磁头式电子切换开关波形图

为了防止图像的跳动及电子开关点的干扰，特意将两个磁头的切换点设定在场同步之前 6～7 行之间。

3.4.3 失落补偿电路

由于磁带使用一段时间后会产生磁粉脱落现象，也可能在磁带表面有脏物附着，使得重放节目磁带时，产生一点一点的干扰点，有的甚至产生一条条长的信号失落。一般说来失落量与记录波长成反比例。在 VHS 录像机中，记录波长要比其它业务用机更短，也就是失落率要高一些，由于 VHS 机中色度信号频率很低，只有 627kHz 左右，相对来说色度信号的失落率较低。故 VHS 机一般只对亮度信号进行失落补偿。VHS 机中是用相邻前行信息来补偿的。这种补偿方法可以在录像机重放通路的 FM 信号通道中进行(图 3—33)。也可以在解调后的视频通路中进行(图 3—34)。后者补偿效果较前者好，但前者在早期的产品中技术上容易实现，成本较低。

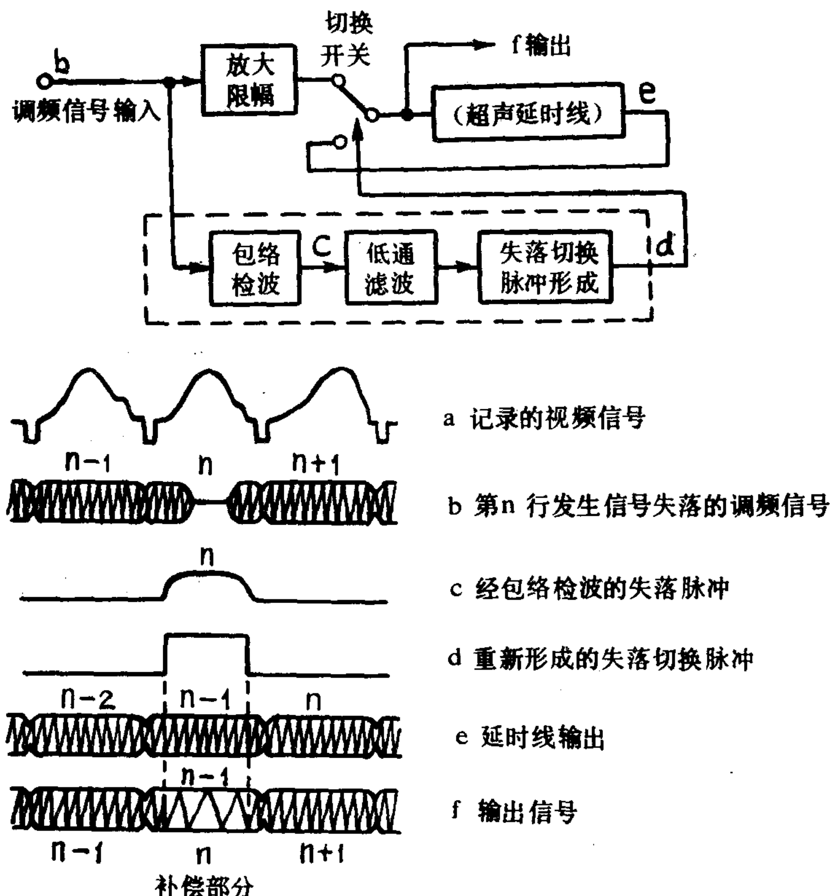


图 3—33 在 FM 信号通道中进行失落补偿的原理图及其波形

在图 3—33 中，限幅器的设置是为了防止 FM 通路中产生的寄生调幅现象被误检为失落。低通滤波器则是用以滤去过分短的失落或扰动信息，只对必须补偿的失落信号形成失落脉冲去驱动失落电子开关进行补偿。

必须指出，失落检出器应仅对具有一定失落深度的 FM 包络的变动才有效，也就是说失落检出器，既不能过分灵敏，也不能对眼睛明显感到失落的信号不检出。为此对失落下一定义：在 5μs 或更长时间内使 FM 信号减少 16dB 或更多的，称为失落。

上述定义是经过大量观察统计与分析得出的结论。由于在 FM 信号通路中的补偿质量不如在视频通路中进行的好，所以现在许多机型都采用如图 3—35 的电路。在这里 1 行延迟线用电荷耦合器件代替以前的超声延迟线。在用超声延迟线时，必须要有载波信号才行，故技术上较复杂些。

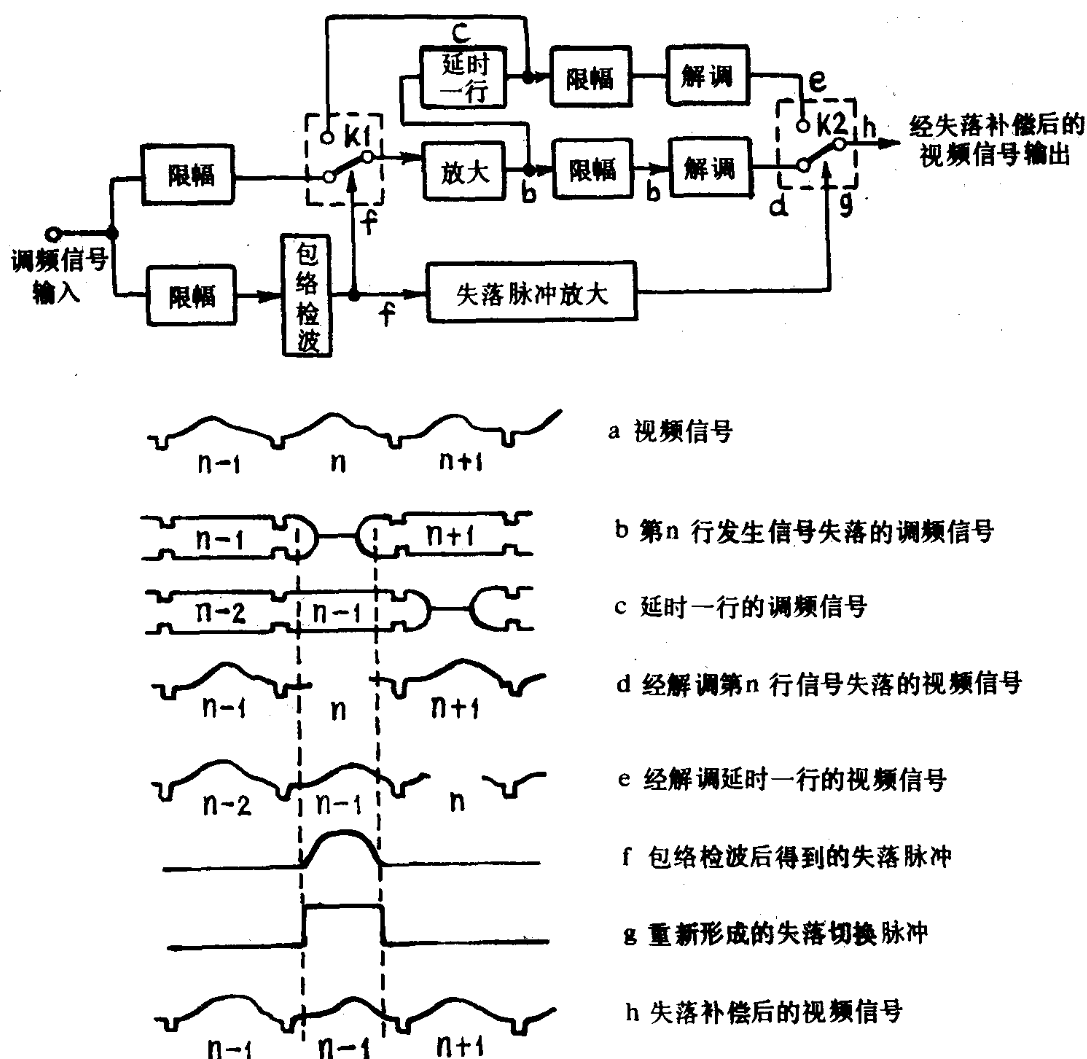


图 3—34 在解调后的视频通路中进行失落补偿的电路及其波形

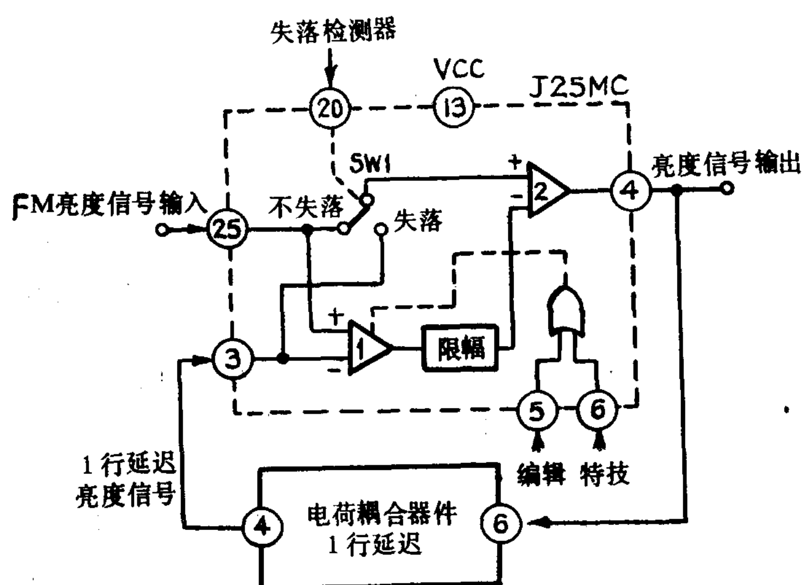


图 3—35 视频失落补偿实际电路

CCD 电荷耦合器件本质上可以认为是一种模拟信号的移位寄存器，其内电路见图 3—36，等效电路如图 3—37。它是用电容器来储存瞬间取样信号，用场效应管作为电子开关，将信号进行串行传递，所以它也需要时钟信号（移位时钟）。根据取样定律，移位时钟应是视频信号最高频率的 3 倍。有的录像机取 17MHz。

这种失落补偿器同时具有降噪作用。亮度调频信号一路经失落开关 SW1 送入运算放

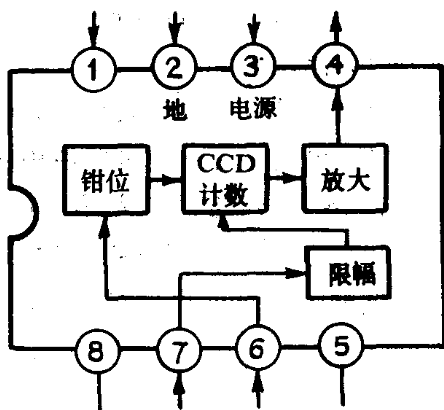


图 3—36　CCD 电荷耦合器件内电路

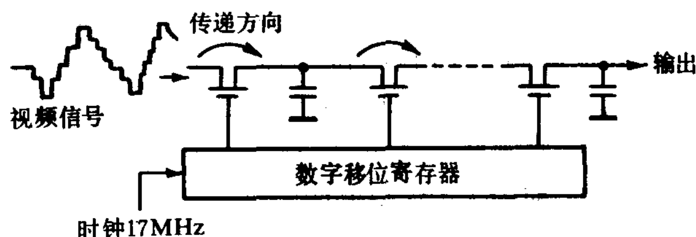


图 3—37　数字移位寄存器电路

大器 2 的正输入端，另一路送入运算放大器 1 的正输入端。经 CCD 一行延迟的亮度调频信号送入运算放大器 1 的负输入端，由于相邻两行图像信号的相关性，亮度调频信号经运算放大器 1 后因相邻两行信号相减而被抵消，只有不相关的噪波输出。在信号“不失落”时，运算放大器 1 的输出送入运算放大器 2 的负输入端，并与正输入端的亮度调频直通信号相减。由于运算放大器 1 的输出此时只含有噪波成分，因而运算放大器 2 的输出便得到噪波被抵消的信号。这种电路由于是用相邻两行电视信号相加(垂直方向)，故称为垂直处理。

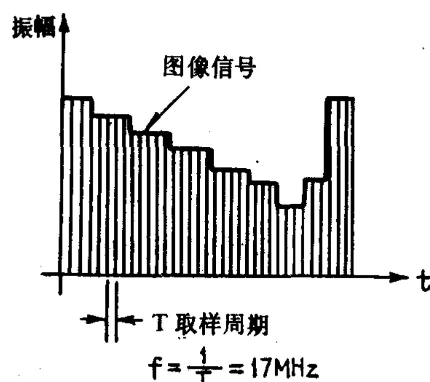


图 3—38　取样过程示意

由于相邻两行的图像信号并不是完全相关的，如果在编辑复制后再发生第二次失落，将会造成多行垂直相加的结果，使垂直清晰度明显下降。为了在编辑时提高图像的清晰度，另增设一个开关，它的作用是在编辑或复制时使垂直处理电路暂时停止工作。

3.4.4 双重限幅方式

调频信号在解调之前必须经 60dB 的限幅，限幅目的是：

① 有效抑制 FM 信号的寄生调幅，改善重放信噪比；

② 由于录像机采用低载波部分残留边带传送的方式，限幅器具有恢复上边带的功能；

③ 双重限幅器可以克服图像从黑到白急剧上升的 FM 信号越零点时的信号失落，防止反转现象。

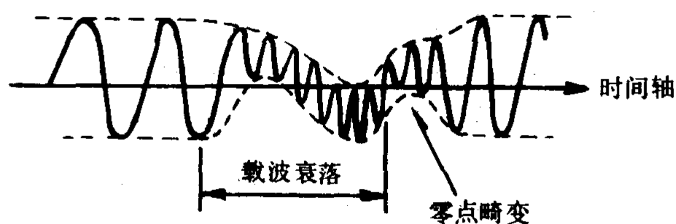


图 3—39　重放中 FM 信号过零失真

重放 FM 信号过零点失真，是在低载频信号录放过程中，由于 FM 信号的下边带分量被提升，上边带分量被压抑，导致不平衡所发生。尤其是经过预加重的视频信号，使视频信号中的矩形成分的上升沿形成尖峰，高频能量集中在此。由于 VHS 磁头的记录频响的限制，造成

这部分信号的畸变，如图 3—39 所示。

解决过零点失真是十分重要的。因为解调过程中，信号的取出是依靠过零点信号的检波而获得的，如零点位置移动，解调后的信号必定失真，表现为白向黑反转。

解决这些现象的方法是将 FM 信号首先通过高通与低通滤波器，分成高频与低频两部分。高通滤波器的作用是把造成零交叉缺陷的低频成分予以滤除，再通过第一限幅器使幅度一致。然后与来自低通滤波器的低频成分相加，恢复为无失真的 FM 信号，进而进入第二深限幅器(60dB)，除去电平的变动。这就是所谓的双重限幅(图 3—40)。衡量限幅器的限幅量常用限幅度表示，即输入 FM 信号的幅度变动量与限幅后的输出幅度的变动量的比值称之为限幅度以 dB 为单位。对限幅器要求是：

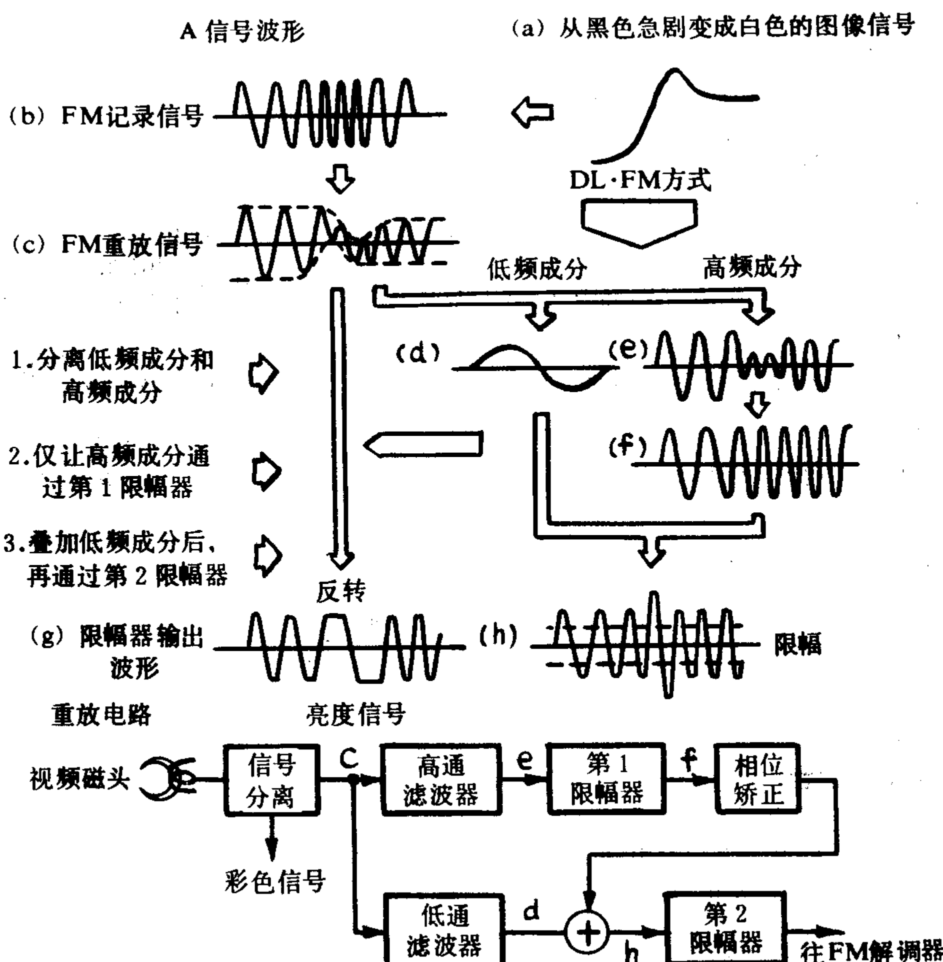


图 3—40 双重限幅解调原理

① 对称性要好；否则偶次的散杂波就要急剧增加，混入视频带内，使干涉波纹增大；

② 限幅器各级的频率特性要宽。如果各级频带窄，就会在瞬时频率上出现包络变化，产生寄生调幅，引起干扰及白峰反转。

不要误认为限幅器的作用仅仅是去掉寄生调幅，它更重要的作用是恢复上边带。众所周知，调频信号的解调必须上下边带同时存在，调频波实质上是一对边频的矢量合成，如图 3—41。主矢量的摆动角 θ 就是调制度。由于磁头、磁带的传递特性，不可能传递上边带 ρ_{+1}，势必破坏调频特性。它导致产

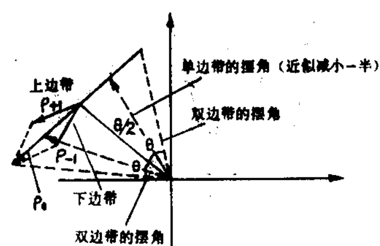


图 3—41 单边带矢量特性

生寄生调幅，并使调频调制度发生变化。

调频时，失去上边带的信号可用下式表达：

$$E_{FM}=\cos\omega t-\frac{m}{2}\cos(\omega-\Omega)t$$

$$=\cos\omega t-\frac{m}{2}\cos\omega t\cos\Omega t+\frac{m}{2}\sin\omega t\cdot\sin\Omega t$$

$$=\left(1-\frac{m}{2}\cos\Omega t\right)\cos\omega t-\frac{m}{2}\sin\Omega t\cdot\sin\omega t$$

$$=\sqrt{\left(1-\frac{m}{2}\cos\Omega t\right)^2+\left(\frac{m}{2}\sin\Omega t\right)^2}\cdot\cos(\omega t+\phi)$$

其中，当限幅器限幅度很深时，

$\sqrt{\left(1-\frac{m}{2}\cos\Omega t\right)^2+\left(\frac{m}{2}\sin\Omega t\right)^2}$ 为常量 A。在调制指数 $m<0.4$ 时，

$$\phi=aN\text{ctg}\,\frac{\frac{m}{2}\sin\Omega t}{1-\frac{m}{2}\cos\Omega t}\approx\frac{m}{2}\sin\Omega t$$

所以，$E_{FM}=A\cos(\omega t+\frac{m}{2}\sin\Omega t)$ (3—6)

这个方程与标准的调频方程 $\cos(\omega t+m\sin\Omega t)$ 比较可知，失去上边带的信号经过限幅器后，能恢复上下边带，仅仅调制度下降一半(见图 3—41 的矢量图的 θ 角的变化)。限幅器的原理如图 3—42。

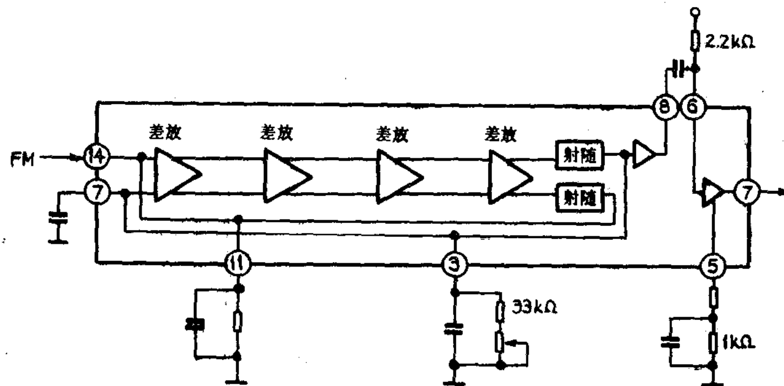


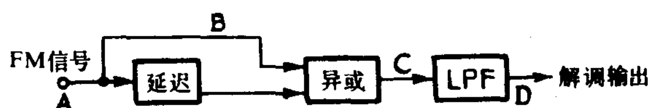
图 3—42 集成电路的限幅器

差分放大器实质上是限幅放大器，4 级差放可达 60dB 限幅度，保证了上边带的恢复。

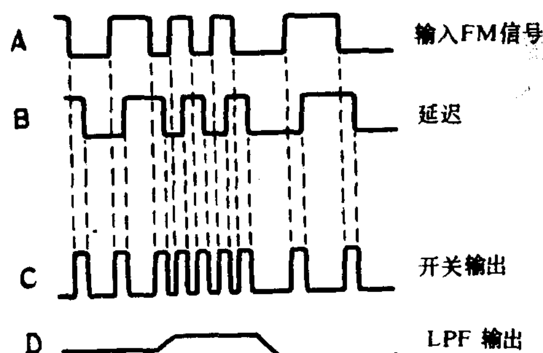
3.4.5 鉴频器

频率解调器，即鉴频器，是将 *FM* 信号解调出视频信号的一个核心装置。由于录像机的调频载波极低(与视频相当接近)，这样就不可能利用 LC 谐振特性的斜率检波来进行鉴频。因 LC 的斜坡线性范围太窄，如用在录像机上不仅造成很大的失真，而且还会产生频谱分离的问题。

因为在 VHS 录像机中，载频是 3.8～4.8MHz，信号频率在 0～3MHz 范围内，所以调频后的第一下边带落在视频频带范围内(设载频为 4MHz，对 0～3MHz 的视频信号调频，其第一下边带将是 1～4MHz)，鉴频器怎样从中分离视频信息呢？在录像机中对具有 1MHz 频偏的调频信号的解调需采用一种脉冲密度型方式(也叫延迟线方式)或脉冲计数器方式，见图 3—43(a)是延迟线方式鉴频电路示意图。将延迟 100ns 的信号与未延迟的直通信号加至异或门，达到频率倍增一次。频率倍增是十分必要的，它的目的是将载频频谱转移。经过倍频后 4MHz 的载频



（a）方框图



（b）波形

图 3—43　延迟线式鉴频器方框图及其波形

变为 8MHz。调频波倍增后的新频段是 8MHz～3MHz(5MHz 范围)，它的频偏是 7.6～9.6MHz。由于视频带宽只有 3MHz，而倍增的第一边带频谱是在 5MHz 以上，因此将倍频后的信号用一只 4MHz 以下的低通滤波器(LPF)即可滤出视频信号。

在图 3—43 中的脉冲密度的变化(C 图)经过低通滤波器后变成幅度的变化(图 D)，而脉冲密度的变化速率表示信号的频率。只要低通上限的频率大于 3MHz，视频信号将全部被取出。为了把载波彻底滤去，这种滤波器在实际设计中要用 m 导出式锐截止滤波器与 k 式遥截止式滤波器相结合。因为锐截止式的缺点是在截止点后又有小的起伏，导致载波上边频泄漏，而遥截止式在拐点下降过慢易产生载波泄漏。总之尽管可以设计各种类型的滤波器，但都必须注意载波泄漏，群延迟特性及通带内的平坦度问题。

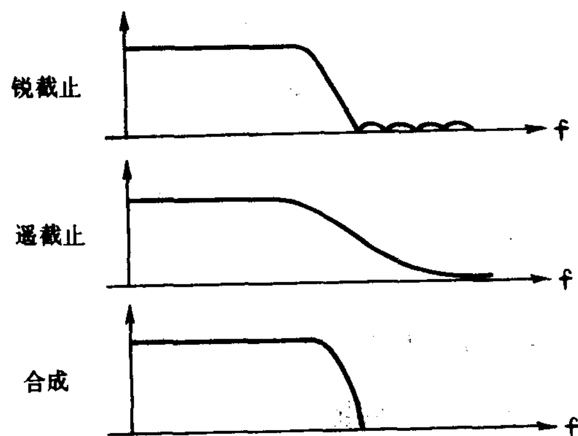


图 3—44　低通特性

图 3—44 是考虑上述各种要求提出的特性曲线模式。

3.4.6　消噪电路

解调后的亮度信号经过主去加重与非线性去加重以及前面所述的垂直处理电路，虽然改善了整个通道的信噪比，但还是存在一些可见的噪波。消噪电路的设置就是为了进一步去除一定频谱范围内的噪波。这个电路安置在亮度信号最终输出之前。它的工作原理见图 3—45。它的方案是将亮度信号中的噪波取出，经过反相后再加入到主通路，把主通路中的噪波抵消。由于噪波主要集中在高频段，故取出噪波的通路是用一个高通滤波器来实现。由于图像的轮廓信

号及行同步脉冲的前后沿也可能通过高通滤波器，而被误认为是噪波，所以再加入限幅器，将代表行同步脉冲前后沿与图像的轮廓的高频成分的脉冲去掉。这种电路可以把主要噪波去除掉，但由于这种电路也可能把高频的小幅度的图像信号当作噪波抵消掉，因而象头发等图像内容，往往经过消噪电路后失去一丝丝的感觉，而变成黑压压的一片。每复制一次就要失去一些高频小信号能量，图像细带就被劣化一次，故 VHS 录像机不宜做二次以上的复制，这是原因之一。

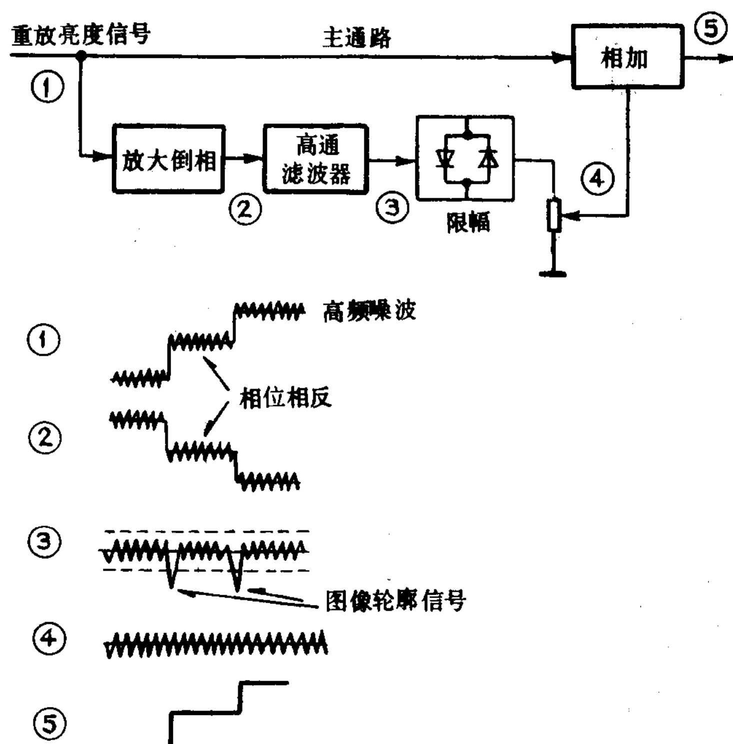


图 3—45　消噪电路方框图及波形图

3.5　亮度信号处理通道电路实例

图 3—46 包含了上述 VHS 机的视频电路的亮度信号部分(由 IC3501 的一部分组成)。录放电路有一部分是录放合用的，用电子开关来切换。

3.5.1　记录过程

全电视信号由 IC3501 的⑦脚送入，经过自动增益控制(AGC)后，由 IC3501 的㊽脚送入外接低通滤波器(LPF)，滤去色度信号，只让亮度信号由㊺脚送到缓冲放大器。加缓冲放大器的目的是钳位的需要，因为钳位器要求前级呈低的输出阻抗。为什么在非线性预加重之前要进行钳位呢？这是因为非线性预加重对不同电平的加重量是不一样的，小电平加重量大，大电平加重量小。其目的是使在有限的频偏范围内，增加磁带上信号的动态范围。如果视频信号的同步顶电平不固定，上述的非线性加重就被破坏。为了使非线性预加重与去加重特性严格匹配，在实际机器中，往往是用同一个非线性元件用不同的方式接入反馈网络，组成正好相反的特性。经过非线性加重后，再进行主预加重。为了黑切割与白切割以及获得正确的频偏的需要，再次钳位，使同步顶牢牢固定在期望的电平上，便于获得正确的黑白切割位置，以及精确的频偏(3.8～4.8MHz±100kHz)。调频后的信号，由 IC 的⑫脚输出，经电位器 R3521 调整到适当大小

→ REC 主信号通路
--→ PB 主信号通路

图 3—46　亮度信号记录及重放通道电路实例

的记录电流，送往高通滤波器(HPF)。高通滤波器将 1MHz 以下边频与不需要成分滤除(因 1MHz 以下是彩色分量的位置)。亮度调频信号的记录电流约为 40mA$_{P-P}$。彩色信号是从混合放大器处送入，彩色信号记录电流一般是亮度信号的 5 分之 1 左右。图 3—47 是记录过程的频谱分布要求。

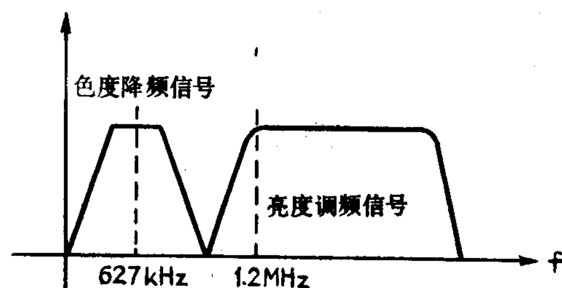


图 3—47　记录频谱分布

3.5.2 重放过程

对 VHS 机来说，记录磁头也是重放磁头，由电子开关把磁头切换到重放放大器入端 IC3502 的④、⑥脚(参阅图 3—46 下部)。磁头分为右磁头(方位角为＋6°)及左磁头(方位角为－6°)，分别用 R、L 表示。磁头输出电压一般在 0.3～1mV$_{P-P}$，磁头放大器具有 40dB 左右的增益。FM 信号由电子开关 SW 把右路与左路合成一路，由 IC3502 的⑪脚输出，送入外接频率均衡(相位补偿)网络，把磁头，磁带系统的频响加以校正。送到⑬脚时，这个 FM 信号已放大到几百 mV，并将色度信号(627kHz)滤除，再由⑬脚进入失落补偿电路。这里是一种在 FM 信号通道中补偿的方法。失落补偿后就送入双重限幅。在 IC3501㉑、㉒脚之前的 HPF 与 LPF 就是为双重限幅器而设置的。双重限幅后进入深度限幅器(60dB)，然后经 FM 解调器从㉕脚输出亮度视频信号。接㉕脚的低通滤波器(LPF)是滤除载波的锐截止与遥截止相结合滤波器。经过滤波器后就是纯亮度信号了。但此信号还需要进行去加重与非线性去加重处理。在去加重后再回到⑤脚，经重放放大器后，由电子开关(接通到 P 位置)，又流经㊽、㊿、㊺脚等进入非线性去加重，在㊴脚是得到处理完整的视频信号。然后送到㉚脚，去噪波并与由㉙脚入的色度信号会合，经 V-V 放大后，由㉛号脚输送到录像机对外的接口。直接对外输出的称为线路输出，供复制用或供有 AV 端子的电视机、监视器用。而通过射频调制的称之为 RF 输出。由于射频调制要求信号的频响有预校正，故常常通过一个频率均衡网络再送往射频调制器，供普通电视机收看。

在录像机中常见到有“E-E”(E/E)及“V-V”等符号，这里“V-V”是指由磁带上重放视频信号的状态。它的输入，输出虽也都是视频信号，但要经过磁头、磁带向电磁、磁电转换和记录、重放通道的各种处理过程。E/E(E-E)是指记录时，输入的视频信号不经机内记录电路的各种处理而直接接到输出接口的过程。“E/E”意思是“电”到“电”，指信号没有经过调频和记录重放的磁头系统的电磁、磁/电变换过程。它仅仅是为记录时监看输入信号的内容与质量而设置的。

上述整个亮度处理过程是在一块二次集成电路内进行的。所谓二次集成电路是将集成块、表面印刷电阻、电容、贴片式晶体管再集成一次，这种电路也称混合集成电路(HIC)。

3.6 色度信号的记录与重放电路

色度信号通道是视频信号的又一个重要组成部分。彩色信号处理要解决三个问题。

第一个问题：彩色信号降频问题。家用录像机的记录带宽有限，对 4.43MHz 的色副载波必须下降后才能更有效利用磁头磁带的传递性能。在 VHS 录像机中将副载波下降为 627kHz。

第二个问题：消除录像机磁鼓转动时因机械抖动引起的彩色相位不稳的问题。

第三个问题：消除邻近磁迹串扰问题。在亮度信号中是用方位角记录方法使亮度 FM 信号串扰问题得到解决。然而由于色度信号的载波只有 627kHz，方位角对这样低的频率作用很小。

为此在色度信号通路中，对左右两磁头的色信号，在电路中采用梳状滤波器方法，克服左右两磁迹串扰的问题。

3.6.1 彩色降频问题

VHS 录像机的磁头磁带的相对速度只有 4.8m/s，它能记录的视频频率在 3MHz 范围内，对 4.43MHz 色信号调频记录变得较困难(包括彩色带宽还需要 1MHz)。家用录像机中为此将 4.43MHz 的副载波降频至 627kHz 使得容易记录。降频后的色信号被安插在 1MHz 以下的区域。它与亮度信号的频谱关系见图 3—47。

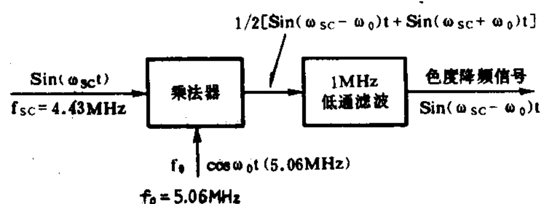


图 3—48 乘法器变频器电路

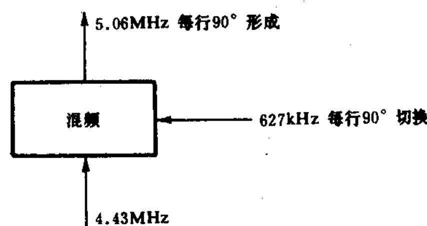


图 3—49 90°相位旋转 5.06MHz 本振电路方框图

将 4.43MHz 降到 627kHz 的电路实质上为一变频器。此电路在集成电路内是用乘法器实现的(图 3—48)。这里用一个 5.06MHz 的本机振荡信号与 4.43MHz 的色信号(这里用其副载频作为代表)加至乘法器两输入端，经乘法器后，将产生和频及差频两个信号。由于需要的是差频 5.06MHz－4.433MHz＝627kHz，故用 1MHz 低通滤波器，除去和频 5.06＋4.433＝9.493MHz，取出 627kHz。

图 3—48 中的 5.06MHz 的本机振荡信号并不是固定相位的信号。为了解决 A、B 磁头的色串扰的问题，使之形成梳状频谱，为此，当 A 磁头记录时 5.06MHz 信号的相位整场固定不变；而 B 磁头记录时则每一行都依次旋转 90°。5.06MHz 信号是由 4.43MHz 晶振与一个每行切换 90°的 627kHz 信号混频产生的，如图 3—50 所示。

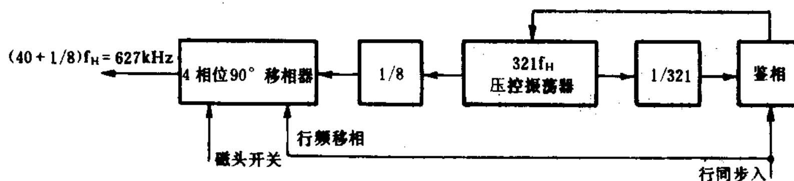


图 3—50 逐行移相 627kHz 信号产生

这里的混频(变频)器也是一个乘法器，也产生和频与差频，和频是 5.06MHz，差频是3.8 MHz。所以 5.06MHz 必须用一个 Q 值较高的带通滤波器方能有效抑制 3.8MHz 分量。

每行 90°旋转的 627kHz 又是怎样形成的呢？它是由电视的行同步频率锁定的锁相环电路产生的，其方框图如图 3—50 所示。用行同步锁定有两个目的：第一，它可以在重放时用行同步头引导得到磁头的时基抖动信息同步量；第二，用行同步引导 627kHz 比用色同步引导的捕捉范围大。

图 3—50 中的 4 相位 90°移相器的实际电路组成，如图 3—51 所示。

4 相移相器的核心是一个四 D 触发器。按图 3—51 接入的条件，如四与门选通合成就可产生每行切换 90°的 627kHz 控制信号，其中的 25Hz 磁头切换电子开关，是当 A 磁头接入磁带时，正好在 0 相位。其中 4 相位行频是由行频经过一环形记数器而获得。综合上述记录过程，色度信号降频的全过程如图 3—52 所示。

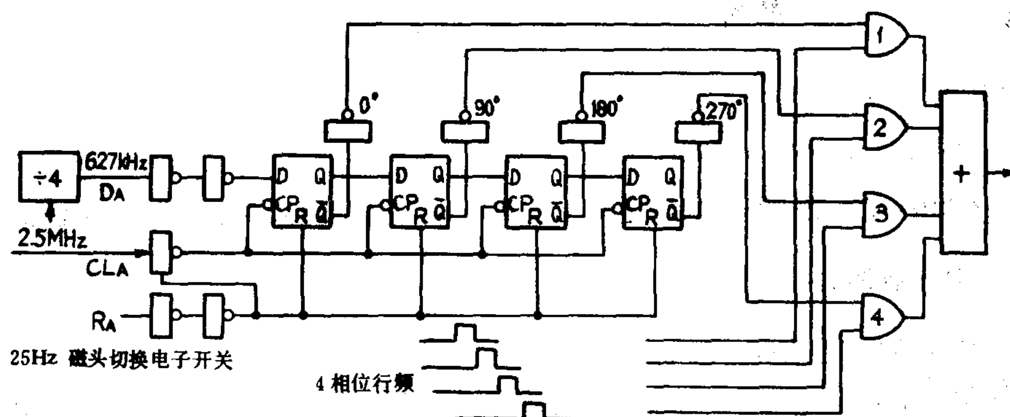


图 3—51　4 相位 90°移相器

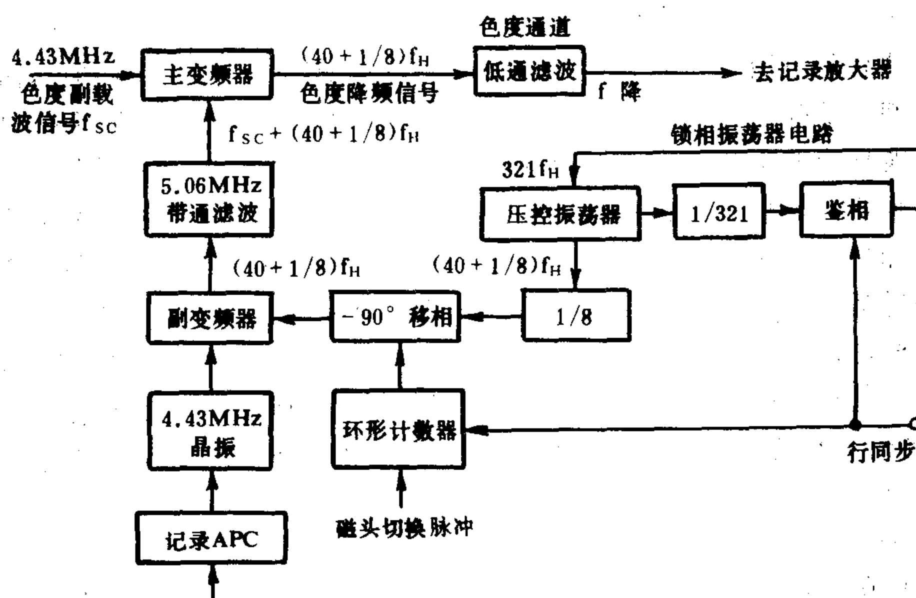


图 3—52　VHS 格式色度降频通道方框图

采取色度降频的方式，首先要考虑色度信号带宽问题。一般设计成只有±300kHz 左右，但仍旧能保证大面积的彩色效果。其次色度降频信号的频谱不能与亮度调频信号相重叠，因此色度降频信号载波应选在 1MHz 以下。其具体数值的确定，要考虑以下因素的影响：色度降频载频选得低，可增加亮度调频信号的带宽，并能减小时基误差对色度相位的影响。因为磁鼓抖动引起的时基误差为 Δt，如记录的是原彩色载波 ω(4.43MHz)，则引起的相位抖动是：

$$\cos[\omega(t+\Delta t)]=\cos(\omega t+\omega\cdot\Delta t)$$

故　$\omega\cdot\Delta t=\Delta\phi$　　(3—7)

如降频频率为原 ω 的 N 分之一，则同样的 Δt 引起的相位抖动是：

$$\Delta\phi'=\frac{\omega}{N}\cdot\Delta t=\frac{\Delta\phi}{N}$$

所以，随着色副载波频率的下降，由时间抖动引起的相位抖动也下降。

除此以外，由于色度降频信号和亮度调频信号相加记录，在录放过程中会引起交叉调制，在画面上会出现差拍干扰。其中较严重的差拍干扰是 2 倍的降频频率。为了减弱 2 倍降频频率干扰的可见度，采用降频频率与亮度调频信号频谱 1/8 行频间置。降频频率取：

$$f_{降}=\left(n\pm\frac{1}{8}\right)f_{H} \tag{3—8}$$

在 VHS 中取 n＝40，则：

$$f_{降}=\left(40+\frac{1}{8}\right)f_{H}=626.953\text{kHz}$$

实践证明 627kHz 的色载波既能保证足够的彩色效果，又能解决 VHS 磁头的传递能力。

3.6.2 时基抖动的校正

1. 时间抖动对彩色重现的影响

在视频信号的记录过程中，视频信号从随时间变化的电信号转换成随空间分布的磁带上的磁信号。重放时，再从空间分布的磁信号转变成随时间变化的电信号。由于磁鼓的偏心度、磁带的延伸率、磁鼓转速的抖动等，引起空间分布的几何磁极长度转换到电信号时的时基轴发生偏差。这个偏差将影响重放的图像质量。现代精密机械加工技术使家用录像机引起的时间抖动仅仅只有几个 μs。但是彩色图像电信号的相位却要求不能超过十几个 ns。虽然几个 μs 的抖动在机械制造中已经是微乎其微了，但也将破坏彩色信号，甚至不能重现彩色，而亮度信号没有这样严格的相位要求。所以 VHS 录像机中，如果对彩色信号的时基抖动不采取措施，尽管彩色副载波群的波形能重放出来，但实际上在电视机上将看到的是一幅黑白图像。

针对家用录像机只是用来在电视接收机上重现彩色图像，故其时基校正都尽可能采用电路简单、成本低廉的方法——只对色度信号的时基误差给予消除，而对亮度信号不作校正。这种办法称之为伪时基校正法。这个方法能保证复现具有一定质量的彩色图像。

由于伪时基校正只仅仅校正色度信号的时基误差，而未校正亮度信号即行频的时基误差，因此破坏了彩色电视要求的亮度与色度信号的梳状频谱关系。所以，它不能作电视中心的录放设备，不能使用外同步方式，不能用来制作特技图像等等，所以 VHS 格式只能用于视频家用系统。

2. 伪时基校正

伪时基校正是利用外差变频原理来实现的，基本思路是：设色度信号在录放过程中由于时基误差而产生频率误差 $\pm\Delta f$ 和相位误差 $\pm\Delta\phi$。先用低通滤波器把带有时基误差的色度信号取出，然后加至一个混频器中。如果该混频器的本振信号中也带有与色度信号相同时基的频率误差 $\pm\Delta f$ 及相位误差 $\pm\Delta\phi$，那么经过混频后得到的差频信号中，即可消除频率误差 $\pm\Delta f$ 和相位误差 $\pm\Delta\phi$。从而达到校正时基误差的目的。为了电视机的重放需要，要求色副载频要恢复成 4.43MHz。实际上进入混频器的信号，一路是色度通路中由低通滤波器取出带有时基误差的 $f_{降}\pm\Delta f\pm\Delta\phi$ 的信号；另一路带有同样时基误差的 5.06MHz 的本振信号。其具体情况见图 3—53。由于行同步及色同步信号与 $f_{降}$ 是从同一磁带上取下来的，两者具有同一时基抖动，这样导致 627kHz 锁相产生与降频色副载波具有相同的 $\pm\Delta f\pm\Delta\phi$。此频率与 4.43MHz 的晶振信号混频，就形成一个 5.06MHz$\pm\Delta f\pm\Delta\phi$ 本振信号。此信号再与 $f_{降}\pm\Delta f\pm\Delta\phi$ 差频形成一个稳定的 4.433 MHz 色副载波，供给彩色电视机就能重现彩色了。可以看出，伪时基校正的关键在于产生具有相同时基误差的 $f_{4.433}+f_{降}$（即 5.06MHz）$\pm\Delta f\pm\Delta\phi$ 的信号。这一信号是从重放信号中的行同步锁相、差频形成的。

必须指出，5.06MHz 信号形成过程中，通常用单边带方式的混频器。这样可以得到较纯的 5.06MHz 信号，便于与色信号拍频时减少干扰。

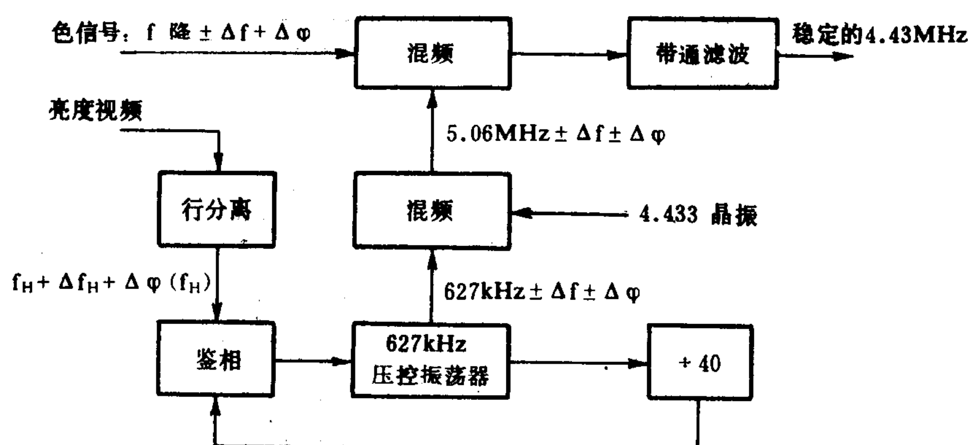


图 3—53　伪时基校正方框图

3.6.3 单边带混频器

一般的混(变)频器都产生上边带和下边带，而单边带混频器则只产生一个边带。这样滤波可以很简单。

单边带混频器是用两个正交的低变换色副载波与两个正交的本振信号相乘，再将二路输出信号相加便可得到单边带信号。图 3—54 是它的示意图，图 3—55 为其方框图。

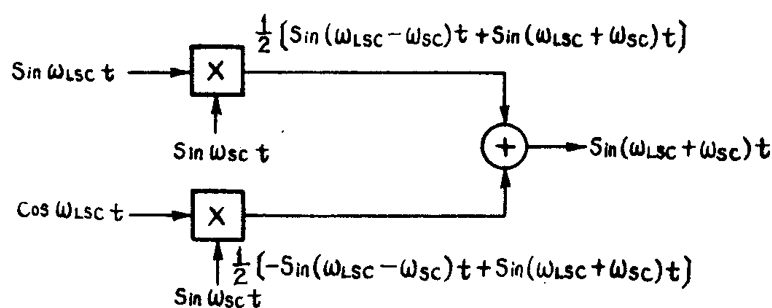


图 3—54　单边带混频器示意图

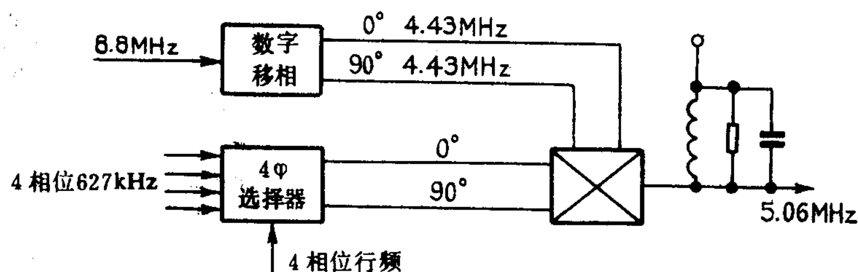


图 3—55　单边带混频器方框图

如把这个方案用在 $f_{降}$ 恢复到 $f_{4.43}$的主通路中，首先要把 $f_{降}$ 分解成正交的 $f_{降}$。这样，4.43 MHz 的带通特性曲线比较容易产生。图 3—56 是伪时基校正的全过程方框图。

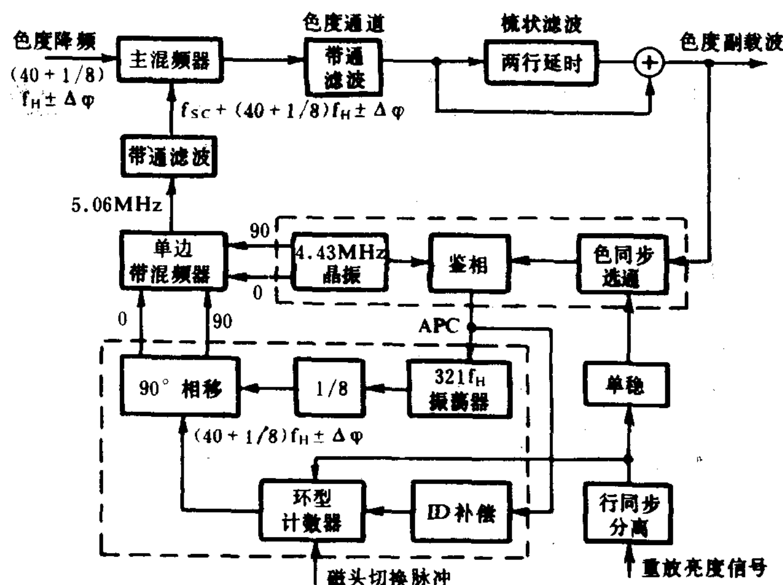


图 3—56　伪时基校正详细方框图

3.6.4　邻近磁迹串扰的抑制

VHS 录像机由于取消了磁迹之间的保护带(空白带),不可避免的跟踪误差不可避免地会造成邻迹之间的串扰。

为了抑制邻迹串扰,最简单的方法是采用方位角记录。即将鼓盘上的两只磁头分别向相反方向作±6°的倾斜(图 3—57)。这样,两磁头的方位角差为 12°。但是这个串扰的避免是有条件的。因为方位角不同引起的损失与频率有关,与磁头的磁迹宽度也有关系。由图 3—58 看出,VHS 磁迹宽为 49μm 时,方位角损失对频率高的亮度串扰抑制效果好,并且与磁迹偏移关系不大。但对频率较低的色度串扰抑制效果跟磁迹关系较大。当偏离一个磁迹时串扰出现最大值。为此色度信号的串扰必须另找方法——色信号隔场逐行移相法。

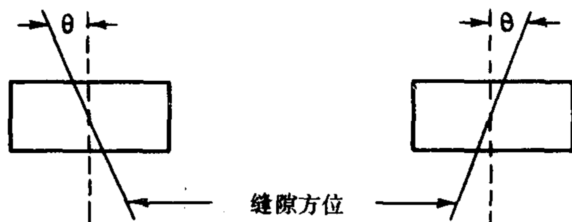


图 3—57　两磁头采用不同的方位角

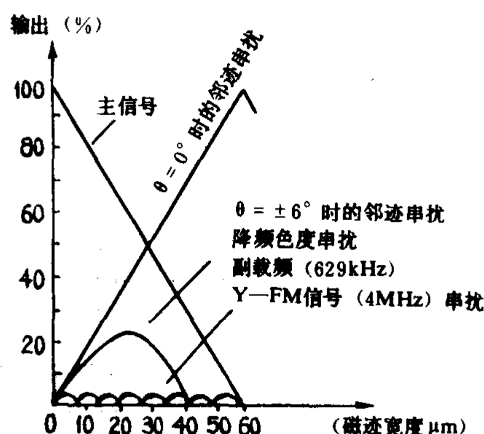


图 3—58　方位角损失与磁迹宽度的关系

VHS 方式 PAL 制色信号处理是采用隔场逐行移相式(PS 方式)。记录时,磁头 A 记录一条没有相移的降频色信号,而磁头 B 记录一条每隔一行相移 90°的色信号。记录的磁迹如图 3—59。

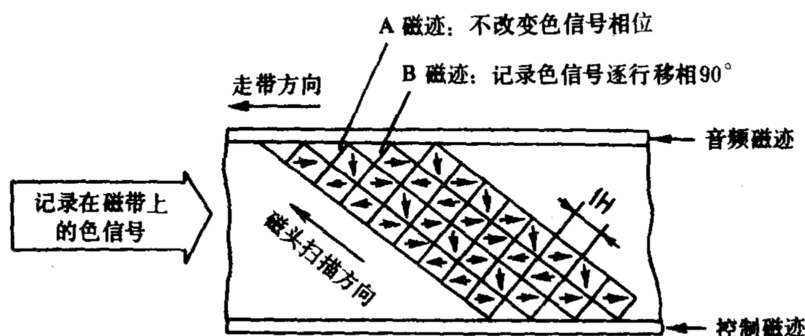


图 3—59 隔场逐行移相法示意图

图中的箭头是这样确定的，色信号 PAL 行的 R-Y 分量是逐行倒相的，故色度信号的合成相位是逐行摆动的。

图中以 PAL 制色同步的矢量为例，它们每行有±45°之别，故 A 磁迹箭头方向如图中所示，每行来回摆动夹角是 90°。而 B 磁迹的色度信号是在上述摆动基础上再逐行递增移相 90°便形成每隔二行相位反相一次的格局。

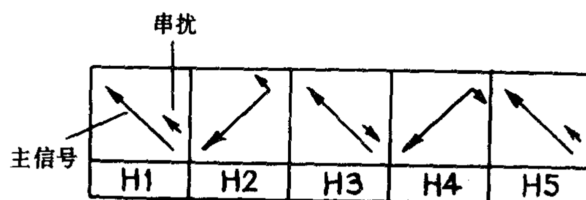


图 3—60 A 磁迹信号矢量图

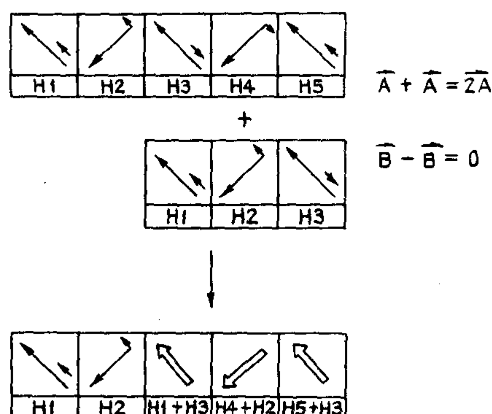


图 3—61 串扰行信号相互抵消

重放时，色信号在磁带上的 A 通路矢量及串扰矢量示意，如图 3—60 所示。图 3—61 中长箭头表示主信号，短箭头表示串扰信号。由于 PAL 制每行本身有 90°的切换特性，所以主信号每隔一行相位同相，而 B 磁迹串扰信号(小箭头)由于每行旋转 90°，形成每隔一行信号相位是反相的。在这种情况下，主信号通过每隔一行相加势必如图 3—61 那样，获得 2 倍信号，而 B 磁迹串扰信号却被抵消了。

至于 B 通路情况，由于 B 通路在记录时逐行移相 90°，重放时必须先经过复原电路，将它复位到 PAL 原始相位，即与 A 磁迹上的相位一致，但 B 磁迹信号在复原过程中，串扰到 B 通路的 A 磁迹信号却被每行相移了 90°。图 3—62 是 B 通路相位复原后的情况，B 信号(主信号)变为 2 倍信号而串扰的 A 信号则被抵消。

综合上面所述，VHS 录像机彩色串扰的克服，是利用二行延迟线组成梳状滤波器，并由于 A、B 磁迹二行间的相位特性，使得经过二行的梳状滤波器后，主信号加倍输出，而串扰信号被抵消。

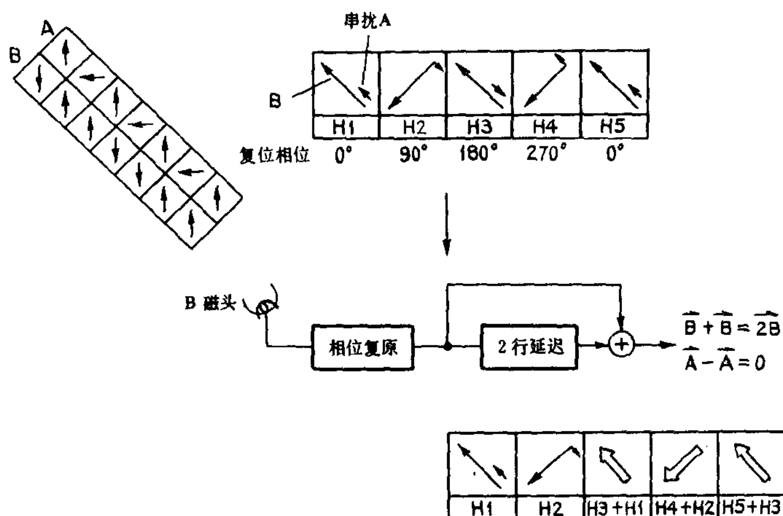


图 3—62 B 路串扰信号被抵消

3.6.5 ACC与ACK电路

ACC是指自动色度控制，记录时为了保证记录在磁带上的信号幅度固定，重放时适应不同灵敏度的磁头，使重放的色信号也固定。特别是当A、B两路磁头灵敏度不一致时，ACC电路自动使色信号幅度一致，可以克服重放时25Hz的色闪烁。

ACK是自动消色电路，它的作用与彩电是一样的。当色信号弱到一定程度或输入的是黑白信号时，ACK电路自动将色通道关闭，以提高黑白图像的信噪比。

ACC电路一般安置于主FM解调之前，即在重放通道FM降频色信号通道上；而ACK电路则安置于主重放色通道中FM解调器及2H延迟梳状滤波器与高通滤波器(在与亮度信号混合之前)之间。至于具体的安排则每一集成电路有所不同(因为现代录像机中的色度信号重放电路都已集成化了)。

第四章 伺服系统

4.1 概 述

录像机为什么要设置伺服系统，一般录像机中具有几种伺服电路等都在第一章 1.3.3 节中介绍过了，这里不再重复。

4.1.1 伺服系统的功能

1. 速度伺服

为了确保视频、音频录放的质量，磁头在录放期间按预定的磁迹关系扫描磁带是至关重要的。图 4—1 说明 VHS 磁鼓的转速、磁带速度（即主导电机转动带动主导轴转动的速度）与磁迹位形图的关系。伺服是为了精确地维持这些关系。

图 4—1 视频磁头扫描的速度三角形

在 2 磁头的 VHS 录像机中每一条磁迹记录一场信号。为了防止信号丢失，磁带在磁鼓上的包角为 190°。在图 4—1 上 $\overline{A_0B_2}$ 线段为一个磁头扫描 190°时的磁迹长度；$\overline{A_0A}$ 与 $\overline{B_1B_2}$ 分别相当于 5°所扫描的距离；$\overline{AB_1}$ 相当于 180°（注意：上面所讲的都是指走带速度 $V_c=0$ 时的情况）扫描的磁迹长度。V_c 为走带的速度：625/50 制式为 23.39mm/s±0.5%（525/60 制式为 33.35mm/s ±0.5%）。螺旋升角 $\theta_0=5°56'7.4''$（525/60 时为 5°56′7.4″）。视频磁迹在磁带横向上所占的宽度 $B=10.60$mm。有效宽度 $W=10.07$mm。磁鼓直径 $D_d=62$mm。上面讲的都假设不走带时的情况，但实际上磁带是走动的。这时，当磁头由 A 扫描到 B_1 的时间内由于走带速度 V_c 的作用磁头实际在磁带上只走到 B_3。因此在磁鼓、磁带均为匀速运动时磁头在磁带上实际上按 $\overline{AB_3}$ 线段运行。因此磁迹相对于带边的倾斜角 $\theta=5°57'50.3''$（525/60 时为 5°58′9.9″）。$\overline{B_1B_3}$ 为 0.4678mm（525/60 时为 0.5558）。相邻两条磁迹的中心距离亦即视频磁迹宽度为 49mm（525/60 时为 58μm）。实际视频磁迹长度 $\overline{AB_3}=96.924$mm。因此每一电视行磁迹长度在 625/50 制式时为 0.31mm 即 0.31mm/H。以上关系读者可自行验证。

录像机对磁迹位形图有很高精度要求，由此为伺服系统提出了相应的控制精度。速度伺服有主导速度伺服及鼓转速伺服。主导速度伺服的功能是不断地检测出走带速度（V_c）的变化，随

时随地调整它并把它稳定在一定的范围内；磁鼓速度伺服的功能是不断地检测磁鼓转速的变化、随时随地调整并把它稳定在一定范围内。如果 V_c、V_d 恒定则是实现磁迹位形图的根本保证。一旦它们之中的一个不能保持恒定则磁头必然不能严格按 AB_3 运行。由于磁迹宽度仅 49mm，所以要求 90%的重合度时只能偏差 4.9mm。

如果在记录时扫描有偏差，在重放时又会产生偏差，则录放重合度会大大下降，伺服系统的左右调整范围也会加大。录放扫描重合度越差，拾取的信号也就越小，信噪比变差、时基抖动加大，失真加大。严重时会出现图像紊乱、声音变调。

如果用恒定电压来驱动主导电机和鼓电机是否能够保证带速和鼓转速恒定不变呢？这是不可能的。

我们在第七章将会看到 VHS 录像机走带机构的主体示意图。为了便于分析，我们把走带通路展开来(见图 4—2)。在图中磁带由于要在磁鼓上包绕并有螺旋升角，因此在磁鼓附近二个直导柱之间磁带边沿并不在同一水平线上。在录、放期间，磁带从供带盘被拉出来以后经过很多直的、倾斜的，旋转的以及不旋转的各种导柱或部件。其中阻尼轮、供、收带侧垂直导柱、磁鼓、主导轴、压带轮均为或可看做为旋转性导柱。其余为不旋转导柱。

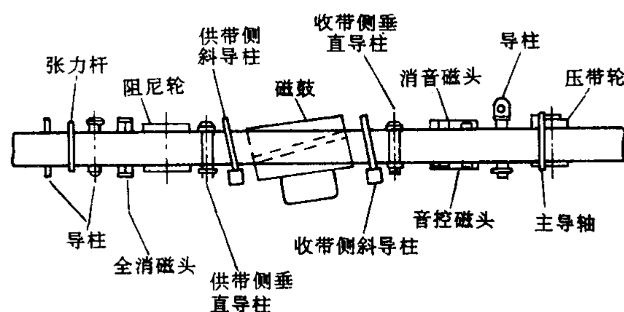


图 4—2 磁带运动路径上导柱分布

首先这些导柱的设立是为了满足平行、等高、不扭曲的走带稳定性的条件。这就要求它们的几何安装位置十分准确。但实际上由于加工误差，就必然引起高度、角度的误差，从而造成磁带的扭曲，使走带偏离平衡位置。第二，所有固定、旋转导柱的不直度、不圆度、偏心度都会造成对平稳走带的干扰因素。第三，主导轮、上磁鼓，以及旋转导柱的动平衡不良程度、动态径向跳动、传动齿轮的不规则、传动皮带的不均匀性，轴承的不均匀性等都会引起 V_c、V_d 的不均匀性。最后伺服电路的稳态跟踪性能，瞬态响应以及对于相位阶跃，频率阶跃的跟踪能力也在一定程度上影响带速(V_c)、鼓速(V_d)的变化。总之，我们不可能把机械零件都作成理想要求也不可能把所有零件都按装在标准位置上，所以就不可能有绝对精确的 V_c、V_d。我们只能在尽可能精确的前提下，利用伺服电路随时随地检测 V_c、V_d 的变化，并且利用反馈来调整 V_c、V_d，使在一定的公差范围之内。这样就有可能最大限度地按照磁迹位形图要求来运行。

2. 相位伺服

相位伺服是用以确保视频磁头切入点、视频信号场同步、主导轴转动相位间的严格关系。

速度伺服虽然是实现及跟踪磁迹位形图的基础，但是它并不能保证每条磁迹都能完整地录、放一场的图像信号。这主要是由于它不能保证磁头切入点相位与场同步具有固定的相位关系。

在 VHS 录像机中为了提高记录密度取消了相邻两条磁迹间的保护带，这就必然产生相邻两条磁迹之间的串扰。采用方位角记录虽能抑制亮度 FM 信号的高频串扰，但对于亮度信号低边带及彩色降频信号却不能得到令人满意的抑制效果。利用隔行扫描两场之间对应行的信号相关性而且保证行校正的机械、伺服精度可以抑制串扰并且能够保证在变速重放、搜索状态下图像不紊乱。而且由于二磁头方位角不同，重放时必须用其方位角与磁迹的方位角相同的磁头重放才行。因此，不仅磁头切入点相位要与场同步相位一致，而且还必须是两场信号分别与不

同方位角的磁头相位保持一致。否则不能保证视频信号的正确录放。这种保持磁头切入点相位与场同步一致的伺服称为磁鼓相位伺服。

为了保证重放时磁头 1(CH1)、磁头 2(CH2)严格按记录时的磁迹扫描，而不至于扫到二磁迹之间；或者 CH1、CH2 错位，必须保证主导轴的相位与磁头切入点、场同步及其磁头切换信号有固定的关系。这种保持它们之间固定相位关系的系统称为主导相位伺服系统。为了保证不同厂家录像机记录的信号具有互换性，这种相位关系有一个统一的标准(参见图 2—6)。

VHS 标准要求：视频场同步信号的位置必须由相位伺服控制在视频磁迹的第 5～8 行之间。那末场同步信号是否可以锁定在 5～8 行范围之外呢？这是绝对不可以的。我们知道视频与 W 边缘的交点是理想的两个视频磁头记录信号的切换点。通过视频切换我们才能把两个磁头上拾取的信号合成为一个信号恢复为记录时的信号。由于伺服时不可避免的抖动，切换点随时都会在时基上前后变化，如果把场同步放在 W 的中点，则切换点正好处在电视屏幕的中点，则在此处的视频信号必然是紊乱的，恰似视频信号在中间被划伤一样。所以只有在 5～8 行时，切换点处在场消隐期间而不影响观看效果。

为了保证重放时主导伺服能够进行相位跟踪并且能够确保两个不同方位角的视频磁头能对号循迹扫描，除了在磁鼓上装“位置(相位)信号发生器”(PG)以外，还产生一个以帧频出现的控制(CTL)方波信号，放在磁带的下边沿位置。由于帧频较低，所以只有此方波信号的高频部分即上升、下降沿被记录下来。它与同步信号有一个固定的相位关系。即 CH1 场同步信号以后的 8ms 作为 CTL 的上升沿，再经过 23ms 以后即在 CH2 扫描的范围内产生下降沿。如果重放时保证主导轴的相位满足这个相位关系则正是符合 VHS 标准的期望关系。

第二章已经讲过，VHS 格式要求磁迹位形图中相邻两条磁迹在起始点应相差一行半(1.5H)，此时行同步正好对正，这种关系保证了特技重放时的图像稳定性，也用来抑制亮度 FM 信号低边带以及 SECAM 彩色降频后的串扰。对于 PAL 制则利用逐行移相来克服串扰。我们从此可见实现视频、音频信号的录放与精密的加工技术，高精度的速度伺服与相位伺服是分不开的。

3. 张力伺服

张力伺服用于确保磁头、磁带之间的压力，从而保证录像机对于磁带上的消磁、记录、重放与互换性。

在录像机中由于信号频率很高，记录波长很短，磁带所经过的路径又长而且又是在三维空间中运行，因此磁头磁带之间的间隙损耗对于消磁效率、记录剩余磁场的强度、重放时拾取信号的大小都有直接的关系。我们在前面已经讲述了磁头磁带间的间隙损耗约为 $54.6\times\frac{\alpha}{\lambda}$。由于 FM 信号最短记录波长约为 0.6mm，当间隙 d/a 为 1/20 时，损耗已达 2.2dB。此时 d 仅为 0.03μm。事实上由于磁带表面不是绝对光洁平整，再加上走带时磁带的抖动，因此保持磁带磁头之间的压力恒定，使他们之间尽量贴紧减少间隙是至为重要的。如果压力太小则不能保证足够小的间隙 d，则消磁效率、记录磁平、重放信号就不能满足要求。但是如果压力太大则一方面加速磁头之间的磨损；另一方面会使磁带伸长，改变磁带上位形图的形状，使得噪声加大，且影响互换性。

磁头磁带间的压力是由走带系统中设计的机械张力伺服系统来保证的，在 VHS 格式中磁带张力规定为：磁带在磁鼓的入口处为 0.3～0.45N。

4.1.2 对伺服系统的要求

伺服系统是电子一机械之间相位与速度的负反馈调整系统，对该系统的要求是：

1. 整个系统必须是稳定的

所谓稳定，其一是指：不论环路从什么时候、什么起始相位开始工作，经过一段过渡时间之后必能趋向一个稳定的工作状态。这是对伺服系统最起码的要求。其二是：当环路受到外来的或内部的暂时信号干扰以后（如相位的或速度的）环路能够以反馈方式开始调整。一旦干扰去掉，则系统便能自动地重新趋向于同一稳定的平衡工作状态。其三是：系统参数值在一定范围内取值时（比如电子器件的容差、机械惯量的容差等）仍能达到稳定的平衡状态。相反如果受到干扰或者每次启动都趋向不稳定的值。则这种系统绝对不能使用。

2. 伺服系统的过渡时间要短

伺服系统是一种电子与机械运动之间的锁相环路，不象电信号锁相那样具有很快的时间响应。由于机械运动惯量大，时间常数大，所以过渡时间一般需要 1～2 秒钟。伺服系统的设计要使启动到稳定的时间越短越好。同时也要求处于稳定状态的系统受到干扰而且当干扰去掉以后恢复到稳定状态的时间越短越好。因为只有这样人们才能开机以后较快地看到稳定的图像。

3. 稳态相位差要小

伺服系统经过调整到达稳定状态后与预期相位差越小越好，同时要求在正常系统性调整过程中相位偏离稳定值的抖动范围越小越好。进一步我们还希望对于那些非系统性的偶然突发的“毛刺”干扰信号应有一定的滤波作用。

另外，伺服既然是一个反馈环路，就有可能成为一个不稳定的振荡环路。设计与调整检修该系统要特别小心，要把稳定作为关键因素来考虑。

4.2 伺服系统的组成

VHS 录像机中伺服系统电路一般包括磁鼓伺服电路与主导伺服电路，它们之间有互相密切的相位关系与速度关系。但是它们又分别为两个相对独立的系统。它们每个系统都有相位环路用以确保其相位关系。都有速度环路用于确保以前所提的 V_c、V_d 稳定。图 4—3 是上述两伺服系统的简化方框图。我们以该方框图为基础来看一下它们的组成与功能。

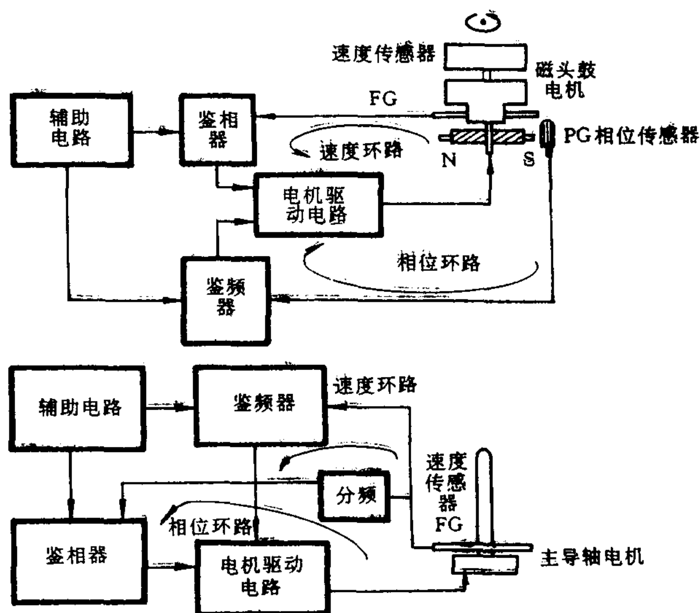


图 4—3 鼓伺服及主导伺服系统简化方框图

4.2.1 磁鼓伺服电路的组成

1. 磁头鼓电机

它是驱使上磁鼓转动的执行部件。由于磁带在录、放时按螺旋升角倾

斜地包绕在磁鼓上，所以上鼓旋转才产生倾斜的视频磁迹。控制鼓电机中的电流可以控制电机的转速。从而控制磁鼓的转速与相位。

2. 速度传感与相位传感器

它们与电机是作刚性连接的。这两传感器用电磁方式或机械电子方式（我们以后会详细介绍）产生一个与转速、相位完全同步的电子信号 *FG*（频率发生器，即速度传感器），*PG*（位置信号发生器，即相位传感器）信号。当磁鼓的转速、相位变化时 *FG*、*PG* 信号必然与其同步变化。伺服电路立即测出它们的变化。

3. 鉴频与鉴相（也称相位比较器）器

鉴频器用于检测速度传感器 *FG* 频率（即转速）的变化，并且把此变化转换成与之相应的误差电压。鉴相器用于检测磁鼓位置（即相位）的变化，并且把此变化转换成与其相应的误差电压。此误差电压与相位环路的误差电压相加后送到鼓电机驱动电路。

4. 电机驱动电路

根据误差电压形成与其成比例的驱动电流送到电机来控制鼓电机转动速度和相位。

5. 辅助电路

辅助电路包括如基准信号发生器、切换开关等均为配合录像机在不同工作模式下而设立的环节。

4.2.2 主导伺服电路的组成

主导轴系统是驱动磁带运行的机构。它的伺服系统在很多方面与磁鼓伺服系统类似，我们在此仅叙述其有特点的地方，与磁鼓类似的地方不再介绍，在图 4—3 上读者可以自行分析。

主导电机是采用间接皮带传动或者直接驱动方式带动主导轴转动。在主导轴伺服系统中也包含速度伺服与相位伺服两个环路。也具有速度传感器、鉴频鉴相器、驱动电路与辅助电路。不过主导相位传感器实际上是将速度传感的 *FG* 信号分频以后作为相位传感信号与磁鼓、视频信号锁定。为了保证各不同型号的录像机所录的图像信号能够一致，具有互换性，所以主导锁定的稳态相位可以由用户来调整。这种功能称为寻迹跟踪（*Tracking*）。实际上是调整主导轴与磁头切入点之间相对的相位关系来保证视频磁头扫描位置的平行移动，从而保证重放时对准记录磁迹获得良好的图像。

4.3 模拟伺服系统电路工作原理

4.3.1 速度传感器与相位传感器

首先我们要求速度传感器必须能随时随地反映出电机的瞬时转速（$\omega=\frac{d\theta}{dt}$，$\theta$ 为转角）来。

对于磁鼓的传感器，磁鼓每转一周，就应该有整数对 FG 的产生单元。一般来说 FG 信号的频率应是电视信号场频的整倍数，而且对于 PAL/NTSC 电视制式，即 625 行/50 场、525 行/60 场两种制式均能适用。例如录像机鼓 FG 频率为 300Hz（600Hz），则在 525/60Hz 制式时应为 360Hz（720Hz）。对于磁鼓相位传感器，应分别检测出录放时两个磁头的位置以便于电路上区别是 CH1 还是 CH2 磁头正在录或放，并加以处理。

对于主导轴伺服来说在 PAL 制时走带速度为 23.39mm/s。多数 VHS 录像机的主导轴直径

为 3.5mm，因此正常走带无滑动情况下主导轴转速约为 2.1Hz。主导频率既要满足与走带速度的固定关系，又要与视频的帧频和磁鼓转动的频率锁定。而主导轴的相位伺服中一般又不单独设立传感器来检测，而是把主导频率发生器(FG)的信号分频以后再与帧频锁定，作为 PG 信号。因此主导 FG 的频率应为帧频的整数倍。

由于多制式(PAL、NTSC、SECAM)、多种录放速度的录像机的上市，主导 FG 的频率在分频到不同制式的帧频时往往不易做到均为整数。此时应尽量使其误差均较小，并控制在一定误差范围内。由于磁鼓、主导伺服系统的测速测相原理类似，所以这里一并叙述。主要有以下几类：

1. 静电电容式速度传感器

这种测速装置可以装在主导电机、主导轴飞轮或者磁鼓电机内。它由两部分组成，一部分是随电机转动的，其外圆上做成具有外锯齿形凸凹的转子板；另一部分是与底板固定在一起，具有内锯齿形凸凹的定子板，见图 4—4(a)。它们均是由金属材料做成。故两板之间会具有一定的静电电容量。在实际应用时转子板接地，定子板作为输出端。在两板齿峰对准时，距离最小，电容量最大。随着转子板的转动齿峰之间逐渐偏离，距离逐渐增大，相互作用的面积也会减小。因此电容量会逐渐变小。当齿峰对着对方的齿谷时，电容量达到最小值。我们已知电荷量 θ、电容 C 与电容上的电压 V_C 之间的关系为：

$$\theta(t)=C(t)\cdot V_C(t) \qquad (4—1)$$

当 $\theta(t)$ 为常数值时，$C(t)$ 与 $V_C(t)$ 成反比关系，其对应的图形如图 4—4(b)。

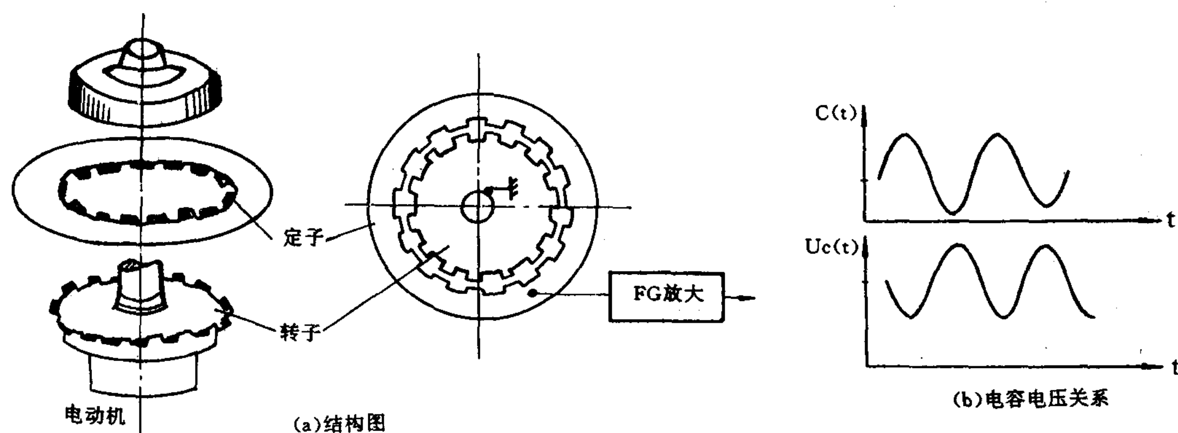


图 4—4 静电电容式 FG 信号发生器结构和电压——电容关系

当转子板转速发生变化时，电容量的变化周期也将发生相应变化，从而 V_C 的变化周期也会变长或变短。这种变化在速度鉴别器(频率—电压变换器)中才能被检测出来而产生误差信号。

为了获得较大的电容—电压变化范围，转子板与定子板齿峰对准时两齿之间的距离希望做得越小越好。但这样一来对组装加工精度的要求就更高，以免在旋转过程中有的齿间距离小，有的大。在维修、装配中要注意同心度。更不要使相互之间有碰撞现象，不然形成 FG 包络调制后会影响伺服精度。

2. 光电式速度、相位传感器

光电传感器是利用发光器件与光敏器件的光电效应来检测旋转部件的位置。综合起来有两种形式：一种是透射式，另一种是反射式(见图 4—5)。

(1) 透射式

在图 4—5(a)中表示了一个随供、收带盘旋转的像“长城”一样的凸凹形零件。发光二极管与光敏三极管分别装在两侧。在旋转中，当凸起部分处于光路的中间时光线被阻挡，光敏三极管收不到光而处于截止状态，其输出端 A 为高电平；当凹形部分旋转到光路之间时，光敏三极管因受光线照射而处于饱和状态，输出点 A 呈低电平。高、低电平持续的时间完全决定于转速，因此衡量此时间的长短便可知道转速的大小。

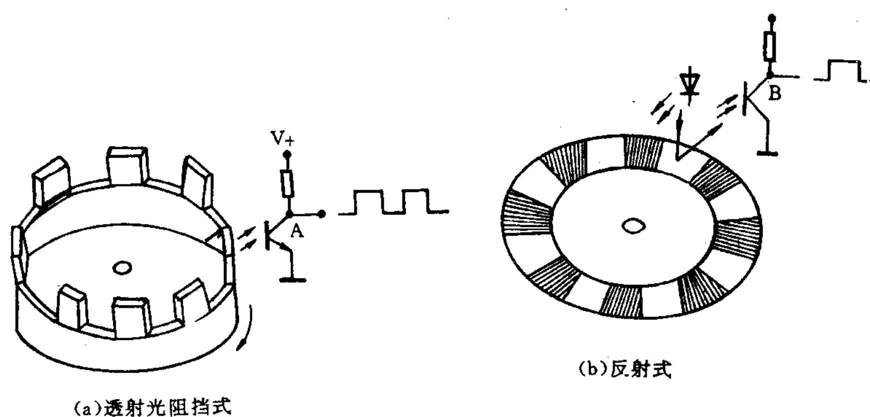


图 4—5 速度、相位光电传感器示意图

(2) 反射式光电传感器

在图 4—5(b)中，在旋转的圆盘上作成黑白相间的条带。光敏三极管与发光二极管装在该件的同一侧。当旋转到白色带时，发光二极管的光被白色条反射后射到光敏三极管，使三极管导通，在 B 点为低电平。当转到黑色位置时，由于光线被黑色物体吸收而无反射光，使光敏三极管截止，故在 B 点呈高电平。同样，高、低电平持续时间的长短反映了转速的变化。

以上二种光电传感装置具有很大优点，一是安装位置的精度要求较低，只要不碰，远近一点也没有什么关系。二是其寿命长。这主要是因为光电器件的工艺成熟，可靠性高，只要电压电流按规定使用，能使用很长时间。为了节约电能，发光二极管在有些情况下并不需要通以电流，它们只在需要时发光，这些全由录像机中的微处理机来进行控制。

3. 电磁式速度、相位传感器

这种传感器主要有两种。一种是利用磁性物体与线圈之间在很接近的情况下作相对运动时，磁力线在线圈中的磁通变化会引起感生电势的变化。另一种是利用霍尔器件与磁场之间产生的霍尔效应来辨认磁场的方向与位置。由于这是一个新的概念，我们在这里稍详细地介绍一下。

图 4—6 所示是霍尔器件的原理示意图。在霍尔器件的一对平面上加上直流电压，在与其相互垂直的另一对平面上加以磁场，则在第三对面上会产生霍尔电势。当磁场改变方向时，则霍尔电势也相应的改变方向。磁场的强弱变化也相应地会引起霍尔电势的强弱变化。由此可见判别霍尔电势的大小与方向完全对应了磁场的大小与方向。这种效应称为霍尔效应。

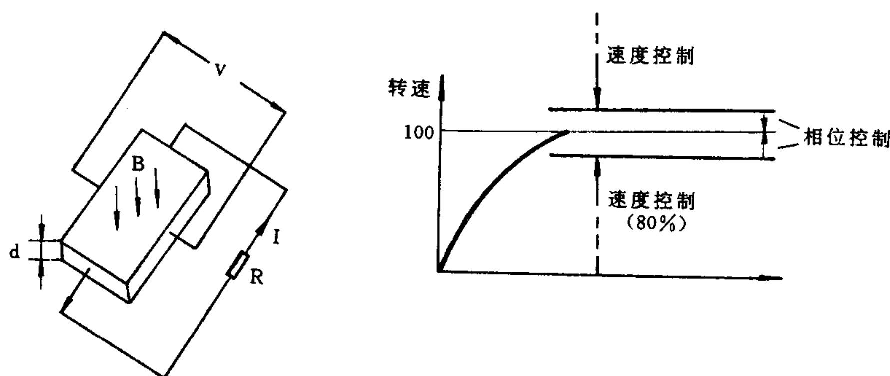


图 4—6 霍尔器件的霍尔效应

霍尔元件一般都有四条引线，两条用以输入电压，另外两条是输出电压。近来一些机器把霍尔元件与集成电路作在一起，亦称为霍尔集成电路。在集成电路中，除霍尔元件外，还有放大及整形电路，这样可以把霍尔元件在磁场作用下产生的小信号经放大整形产生电子线路所需要的一定幅度的信号。这时其引线仍为 4 条。

在图 4—7(a)中上磁鼓上安装了视频磁头 CH1、CH2，与其同步旋转的电机转子上装了两个位置（相位）信号发生器的磁铁 PG1、PG2。其中 PG1 外端为 N 极，PG2 外端为 S 极。它们分别与 CH1、CH2 磁头对应并且超前一个角度 θ。θ 的大小由生产厂家决定（例如有的为 12°）。当 PG1、PG2 旋转到 PG 磁头 PG H 并且从其附近经过时，相应的磁感应在磁头线圈上产生感生电势，从输出端得到相应的脉冲信号。由于 PG1、PG2 的极性相反所以在 PG H 上产生相反的电势。输出一个为负脉冲，一个为正脉冲。它们相应标志了 CH1 和 CH2 视频磁头。

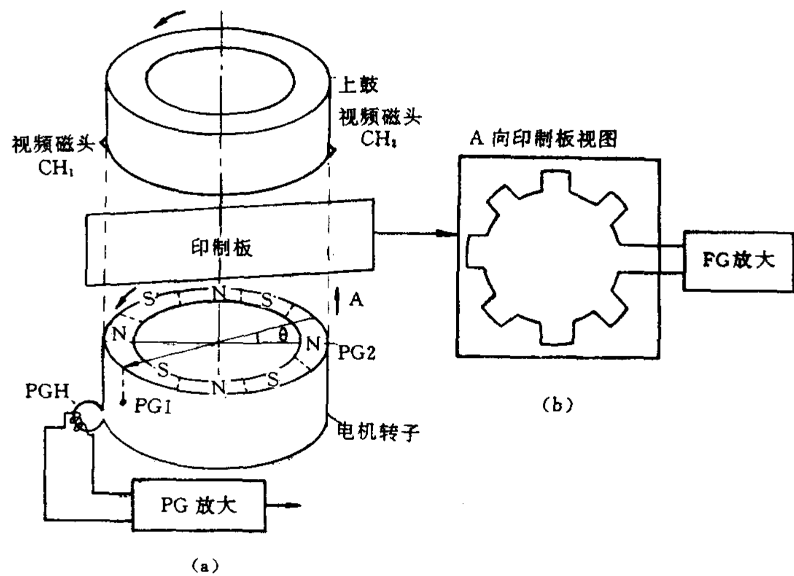


图 4—7 电磁式速度、相位位置传感器

PG H 也可以是霍尔器件或者霍尔 IC，其作用如同线圈式磁头一样。

至于速度传感器，则是利用电机转子本身磁场。在图 4—7(a)中，在磁鼓与电机之间有一块印制板，它是固定不动的，其上具有齿轮状的印制线，见图 4—7。此板与其相对的电机转子端面的各永磁体相对。当转子转动时，其各磁极与印制线（相当于线圈）产生相对运动，在印制线上会产生相应的感生电信号。此电信号（即 FG）的频率高低，对应于转子转动的快慢。

有些主导 FG 信号的产生、特别是那些不需皮带而直接驱动的主导电机也采用完全相同的方法。

4.3.2 鉴频器

与转速相对应的 FG 信号的频率与周期是同一个问题的两个方面。鉴频器是用来把 FG 信号的频率变化鉴别出来，转换为与之完全对应的误差（控制）电压以负反馈形式加于驱动电路上来控制电机的转速，使达到正确值。鉴频有许多种，有模拟的，有数字的。但是其根本方法不外乎用鉴频曲线方式直接把频率变成电压，或者把周期变为电压两种方式。

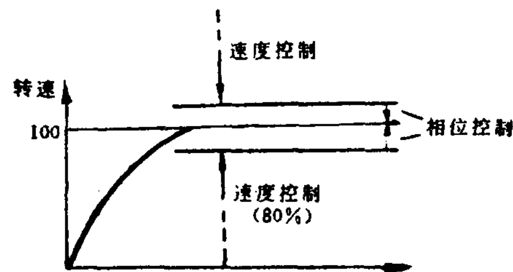


图 4—8 速度、相位控制的范围

速度环路是伺服系统中的一项关键。它可以加速环路的锁定，抵抗较大的干扰信号。一般来说它可以把转速稳定在与额定值偏差 20%左右的范围内，更精确的控制则由相位环路来完成（见图 4—8）。

其实这是不难理解的。我们用鼓伺服的两个数据

来定性地说明这个问题。对于我国 PAL 电视制来说，磁鼓转速恰为电视的帧频(25Hz)。相位环路的传感器只能检测到帧频周期变化。但是磁鼓 FG 信号频率若为 600Hz(亦有 300Hz 的)，则每帧之间能够检测 24 次并进行 24 次调整，因此其调整能力为 24：1，而相位调整则为 1：1。

我们在此以一个锯齿波形鉴频器为例(见图 4—9)来加以说明。从图中可见，FG 信号经过放大整形变为波形 a。在脉冲信号发生器中一方面产生取样脉冲 b，用以控制取样开关 k 的工作。另一路送到一个锯齿波发生器，使产生一个固定斜率的锯齿波(如波形 d)。取样脉冲是在锯齿波下降到某一时刻后开始取样(即将 k 合上)。此时刻的锯齿波上的电压即被保持在电容 C2 上。因此取样电压与 FG 的周期(即频率)严格相关。当周期长即取样滞后时，由于锯齿下降时间长，所以取样电压就低；当频率偏高时(周期短)，锯齿下降的时间短，所以取样电压高。用这种方式获得的鉴频电压经过放大缓冲得到的控制电压，亦称为误差电压去控制电机的转速；从而完成速度伺服。

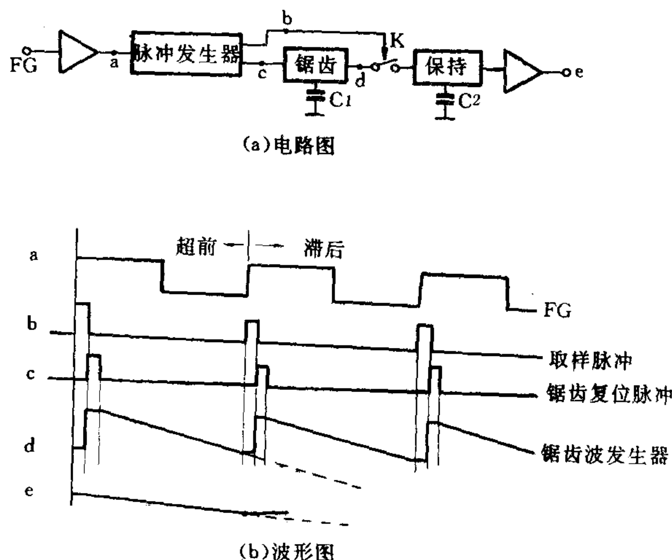


图 4—9 锯齿波鉴频器方框图及波形

鉴频电路也可以由单稳态延时方法产生梯形波来完成(见图 4—10)。FG 信号经过放大以后一路经过单稳电路产生一个固定时间宽度为 T_0 的脉冲信号 d。在 T_0 结束以后的正脉冲期间由梯形波发生器产生一个从低电平开始而按一定斜率上升的梯形波信号 e，而送到取样保持电路。另外一路经过微分、切割放大形成每个周期只有一个取样脉冲 c 后送到取样保持电路并对梯形波进行取样。当频率变低(即周期 T 变长)时，由于梯形波上升时间随 T 而加长，所以在梯形波上取样电压变高；反之取样电压变低。因此电压的高低直接反映了频率变化。为了完成取样保持以后恢复梯形波的初始状态。在 C 点的脉冲同时应送到梯波发生器，以使取样以后让梯形波形成时的电压降到初始状态为下一个梯形波产

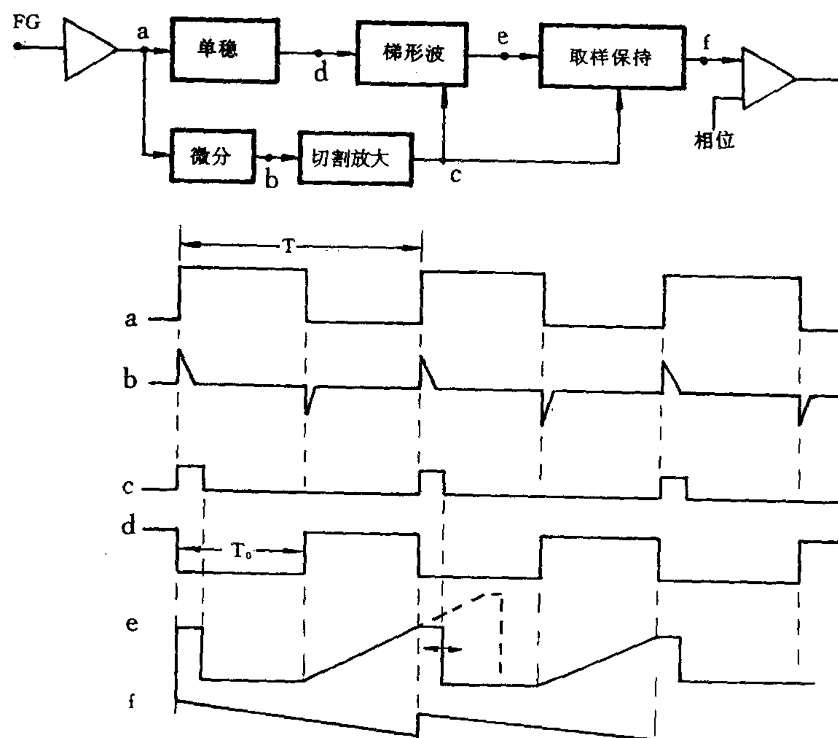


图 4—10 单稳态梯形波式鉴频器

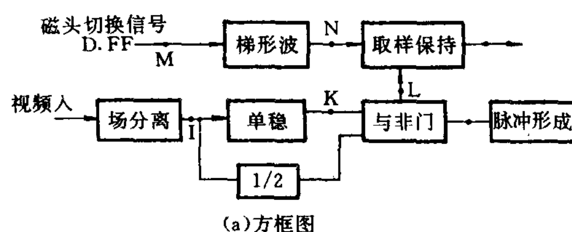
生作好准备。

其实，鉴频器还可以采用其它多种方法。有关数字方式的鉴频器我们将在以后介绍。在这里顺便提一下，有的录像机中没有使用速度环路，仅使用相位伺服环路。虽然它把检测出来的误差电压利用升频的方法来进行调整并且也可以完成锁相环路稳定性。但是由于相位误差仅在帧频状态才能检出并在下一个帧频期间才能调整，所以不象速度环路那样在帧频的一个周期内可以进行多次检测与调整，所以其伺服特性一般说来要差一些。这就是为什么绝大多数录像机均使用速度、相位环路进行伺服的原因。

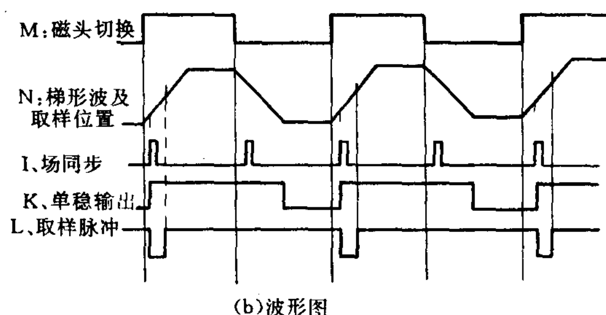
4.3.3 鉴相器

鉴相器也是伺服系统的一个关键组成部分。这里仅叙述模拟电路的方法。鉴相器把相位传感器得到的位置相位信号与一个基准信号*（例如视频中的场同步信号、晶体振荡器分频后的信号等）进行相位比较，把它们之间的相位误差变成与之相应的误差电压。进一步由执行电路来调整电机的转速以便满足它们之间一个固定的相位关系。

这种方法多数使用梯形波并且在梯形波的斜边中点上进行取样。当有相位误差时，取样点会在斜边上移动，取样电压正好与取样点的电压相对应，因此该电压反映了相位关系（见图 4—11）。



(a)方框图



(b)波形图

图 4—11 鉴相器原理示意图

在图 4—11 中以记录时磁鼓鉴相器的工作过程为例来说明。相位伺服的目的在于确保磁头切换脉冲 DFF 的上升与下降沿在场同步前 6.5 行左右（如图 4—11 中的 M、I 所示）。场同步前沿经过单稳态电路延时后决定取样脉冲的位置。同时场同步经 1/2 分频产生二分之一场频信号和单稳脉冲相“与”并倒相，再取其后沿经过取样脉冲形成电路送到取样保持电路。另一路 DFF 信号送到梯形波信号发生器产生梯形波 N 送到取样保持电路。如果相位锁定则每次取样在梯形波的中点，其输出电压经过以后的低通滤波、放大、驱动等维持电机准确的转速与相位。如果由于某种干扰使得 DFF 相位超前时，则由于梯形波上升沿较正常时也相应的提前产生，但由于场脉冲形成的周期不变，所以取样脉冲在时间轴上对梯形波的取样点相对滞后。因此取样电压上升。从而由执行电路使电机速度减慢，DFF 的相位滞后，趋向标准值；相反，如果相位较常态滞后，取样、反馈后会使电机转动相位向超前方向移动而趋向正常值。

对梯形波的斜波上取样，一般需要一定的时间，为了提高精度有些录像机在取样脉冲到来时立即把梯形波在该点的电平定位不变，截断梯形波继续上升的趋势，直至取样完成以后为止。

---

* 基准信号一般也称作参考信号或标准信号，下同。

4.3.4 模拟伺服电路实例分析

前面我们已经分析了各主要电路、部件的工作原理，下面进一步说明一个比较具体的电路实例。

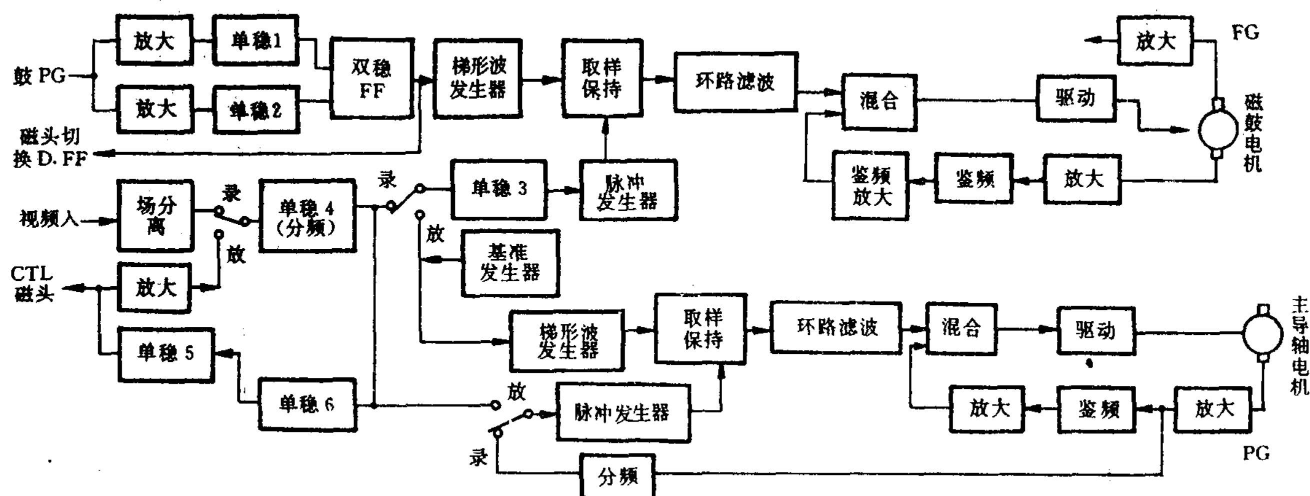


图 4—12 模拟伺服系统电路实例方框图

图 4—12 是一个实际机器的模拟伺服系统电路方框图。首先双稳 FF 产生磁头切换脉冲(参见图 4—13～图 4—16)，其上升沿与下降沿是由单稳态 1、2 延时以后触发。在 VHS 机中规定切换的相位应保证实现磁迹位形图的有效区间内，即切换点在场同步前的 5～8 行(实际调到 6.5±1 行)。调切换点时首先应调整重放时的切换点。录像标准带是用专门机器制作出来的磁带，其磁迹图是符合标准的。因此重放标准带时可调整单稳 1、2，使双稳 FF 的上升、下降沿在场同步信号前沿之前 6.5±1 行，就可以使录像机满足互换性要求。由于 VHS 机要求二个视频磁头必须有 3 行以上的重叠区。实际上两个视频磁头之间不可能绝对安装在相互成 180°，必然会有误差。因此二个单稳可以在一定范围内校正其安装的误差。

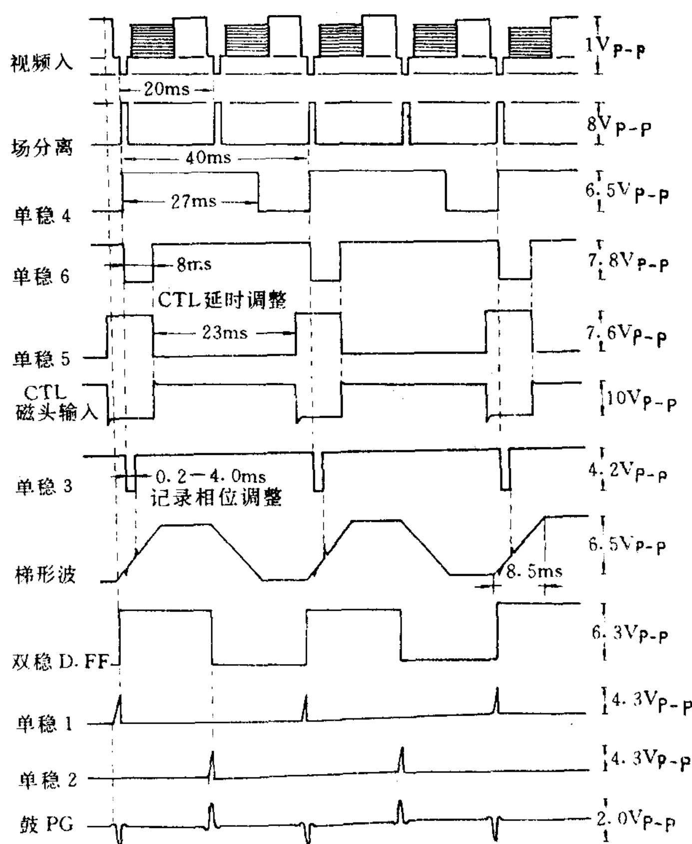


图 4—13 鼓伺服记录波形

单稳态 4 是将视频的场同步信号进行分频。在记录时通过单稳 6、5 产生一个帧频且其位置与视频磁头、场同步有固定相应关系的控制信号(方波)送到控制磁头记录在磁带上。由于控制磁头的频率范围限制，所以信号

的平顶部分基本上不能被记录下来，只有控制信号(CTL)的前后沿的高频成分记录在磁带上。因此在重放时CTL信号只有那些正、负沿脉冲被重放出来。

再看单稳态3。由于重放时已按标准带调整了磁头切换点。记录时则必须调整场同步信号与DFF的相对关系来满足记录的磁迹位形图的要求。因此调整单稳态3从而改变取样点对梯形波斜坡的位置即可设定其相位关系。一般调在场同步前的6.5行。

其它关系由读者来读很易明白。

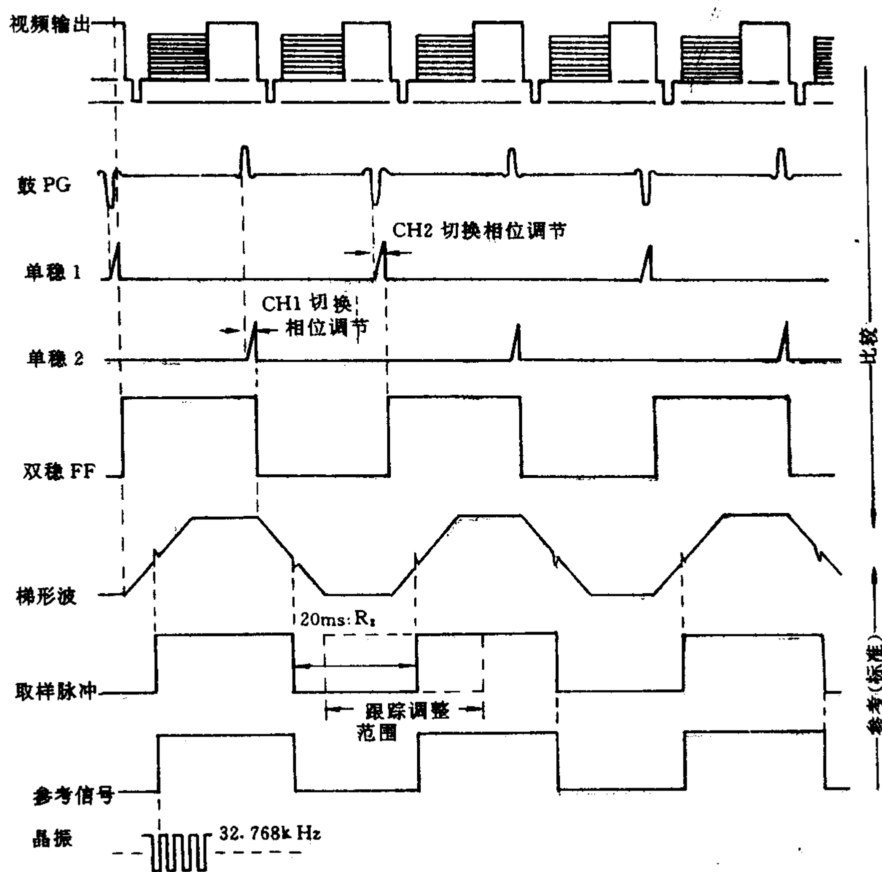


图 4—14 鼓伺服重放波形

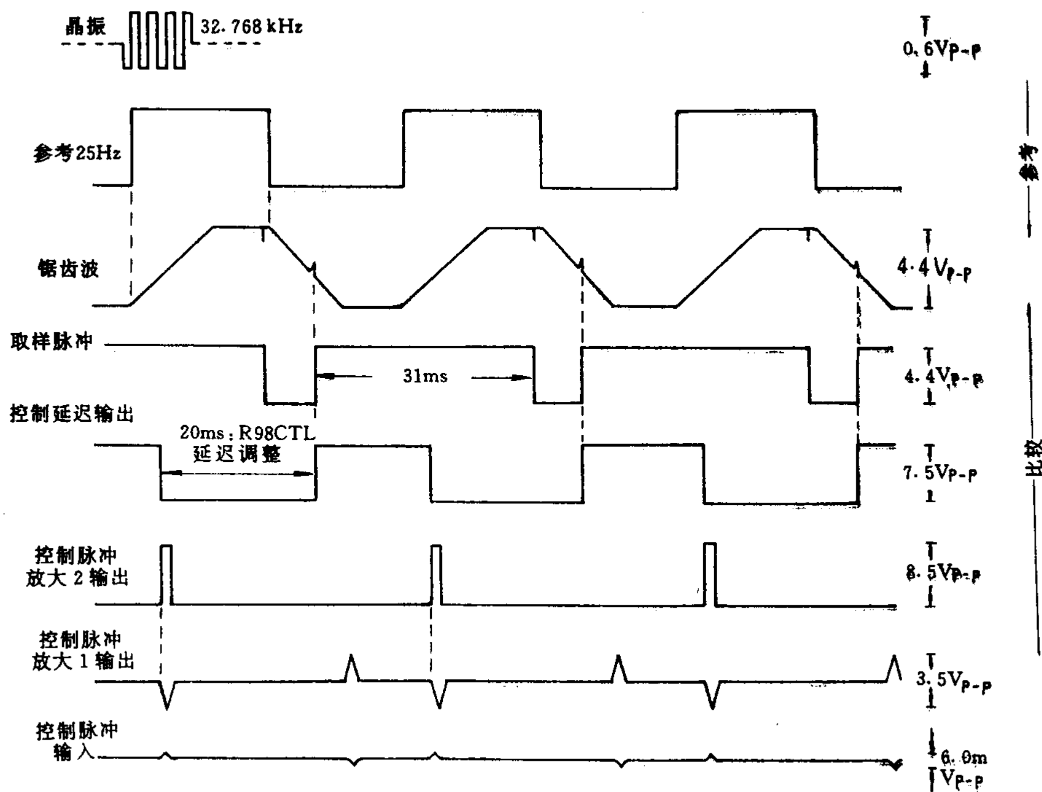


图 4—15 主导伺服记录波形

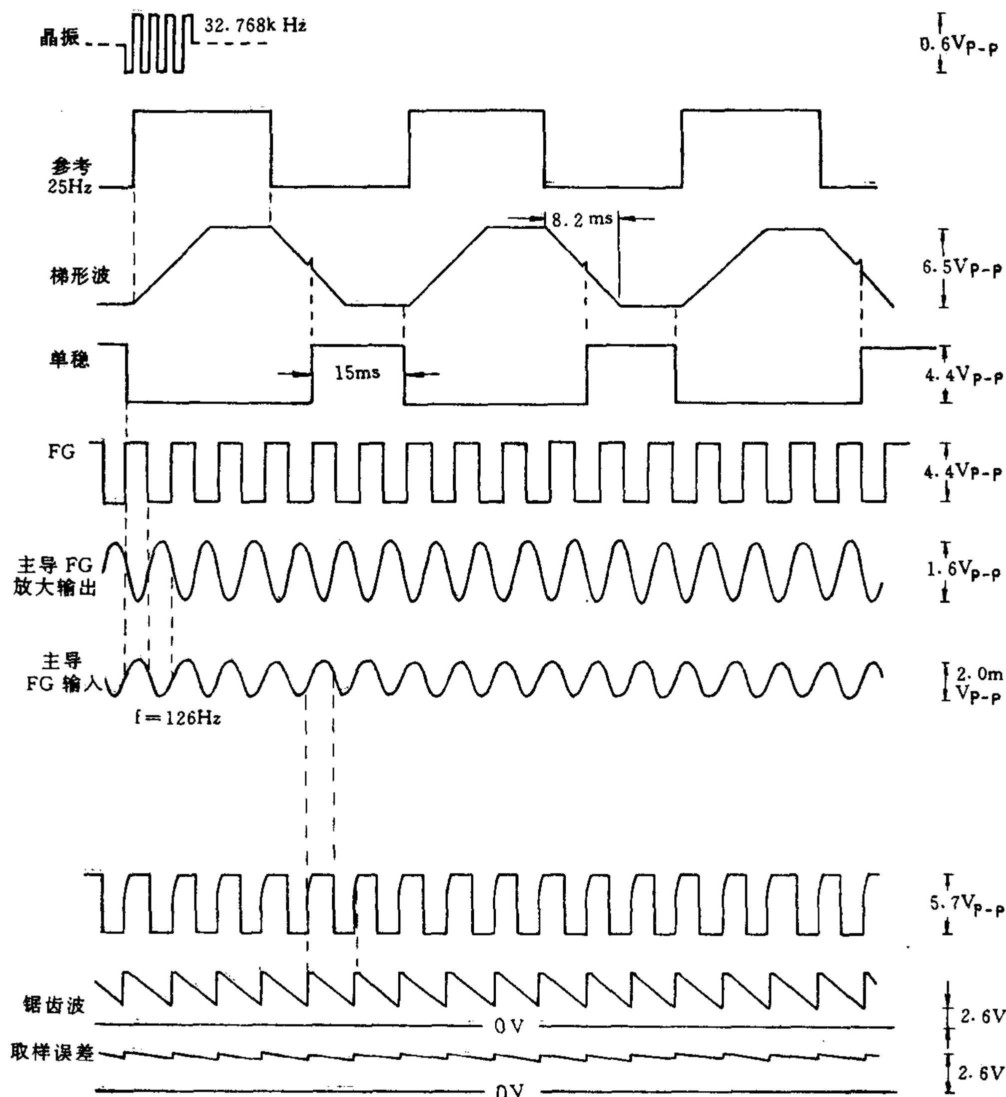


图 4—16 主导伺服重放波形

4.4 数字伺服系统电路工作原理

模拟伺服已经达到相当精度，那么为什么还要发展数字伺服呢？概括说来有以下几个原因：第一，在以往的录像机上有大量的外围元器件用于模拟伺服电路里，测速、测相电路也用一部分电阻电容来完成。所以检测的误差容易受到元器件离散性与环境温度变化的影响。而数字伺服的测速测相往往利用高速的时钟信号进行计数。时钟信号又是使用晶体振荡器产生，其温度稳定性、精确性要更高些。第二，随着集成电路集成度的提高，可以把许多外电路放到集成电路内部来，从而减少外围元器件的数量。这样不但能降低成本，而且还可以提高整机的可靠性。

目前数字集成电路的开发，从设计、仿真、测试码生成到版图制作与工艺流片有一整套完整的方法，而且集成度作的很高。而模拟电路的设计、仿真、版图制作、工艺流片，其成本高，需要很多人工干预才能完成。所以尽可能采用数字伺服。第三，随着录像机慢放、静像、搜索、检索、多种速度录像等功能的增加，系统控制微机与伺服系统之间的数据交换量较大。采用数字

伺服可以减少外部接口而用内部总线。

4.4.1 数字伺服电路的组成

数字伺服电路与模拟伺服电路构成一样，一般也包括磁鼓伺服和主导伺服两个系统电路。各系统也分为速度伺服和相位伺服两个环路。

从图 4—17 可见，整个伺服系统在原理上与模拟伺服是完全相同的。但在主导伺服与鼓伺服电路中，相位环路、速度环路是采用数字电路的方法来完成的。从图中可见鼓伺服与主导伺服系统不论在记录状态还是重放状态均有速度伺服。它们分别由 FG 脉冲经过数字速度环路产生一个误差控制信号，使得它们分别按照各自的预定频率旋转。

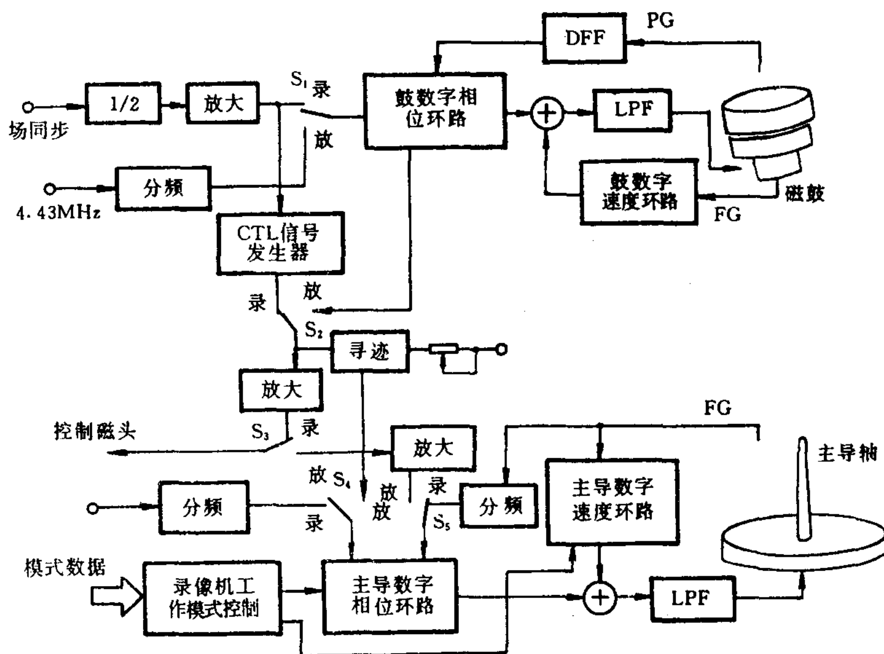


图 4—17 数字伺服组成方框图

对于相位环路来说，磁鼓相位环路在记录时把外来的视频信号中分离出来的场同步信号进行 2 分频，一路经过开关 S1 送到鼓数字相位环路作为基准信号。从鼓的位置信号发生器 PG 脉冲（亦称相位信号发生器）形成视频磁头切换方波 DFF 送到鼓相位环路作为比较信号与基准信号比较其相位，得到一个相位误差电压再与磁鼓的速度环路误差信号相加，共同完成对鼓电机旋转的精确控制。场同步信号经过分频放大后的另外一路经过控制信号发生器（CTL）与开关 S2，再经过记录放大，由 S3 送到控制磁头，把此信号记录在控制磁迹上，以便在重放时供伺服使用；主导相位环路在记录时是把 4.43MHz 信号经过分频后产生的脉冲与从主导 FG 来的脉冲经过分频后产生同频率的脉冲，再比较它们的相位，产生误差信号，与主导速度环路产生的误差信号相加，共同去驱动主导电机精确地转动。

伺服系统在记录重放过程中的信号关系如表 4—1 所示。重放时，鼓相位伺服环路的基准信号是 4.43MHz 的晶振信号经分频而得，经 S1 送到数字相位环路。其余与记录时相同。而对于主导伺服来说，基准信号是从鼓的数字相位环路来的鼓相位信号经过开关 S2、寻迹控制和开关 S4 送到主导相位环路；而比较信号是由控制磁头拾取到的控制信号经过开关 S3、放大和开关 S5 送到主导数字相位环路中，其余与记录时相同。从此可见重放时的相位伺服在于保证磁鼓的相位与磁带上的 CTL 信号保持固定的相位关系。

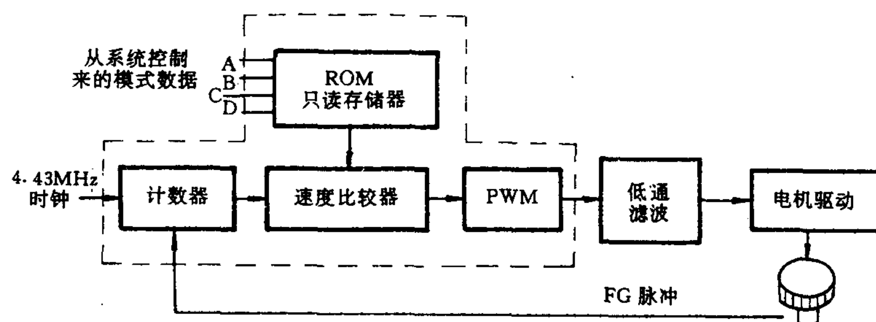
在图 4—17 中还有从系统控制微机送来的模式数据，是从系统控制微机送来不同的模式如重放、记录、暂停等各种数据，将在以后介绍。

表 4—1　　伺服系统信号

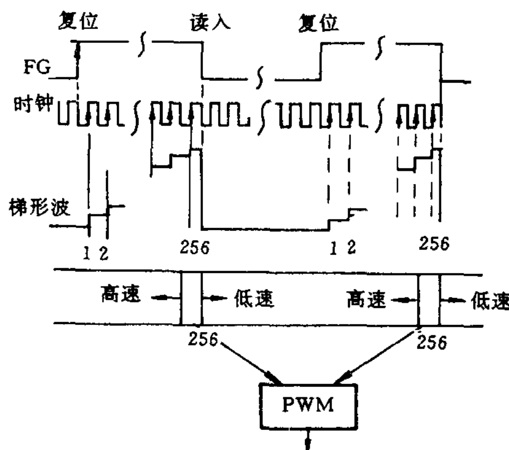
信号			记录	重放
鼓伺服	速度环路		鼓 FG	鼓 FG
	相位环路	基准信号	场同步 Vss	4.43MHz 分频
		比较信号	DFF	DFF
主导伺服	速度环路		主导 FG	主导 FG
	相位环路	基准信号	4.43MHz 分频	鼓相位
		比较信号	主导 FG 分频	控制 CTL

4.4.2 数字速度伺服与相位伺服电路

从图 4—18 可见，数字速度伺服电路中的低通滤波器、电机驱动部分与模拟伺服是类似的。数字伺服电路部分通常由 ROM（只读存储器）、计数器、速度比较器、（PWM）脉宽调制器组成。



(a) 速度伺服简化方框图



(b) 速度检测原理

图 4—18　数字速度伺服原理

从系统控制来的模式数据用来设定录像机的工作模式。它将告诉伺服系统应该以什么样转速即相应的 FG 的频率来工作。表 4—2 中示出了松下公司的 NV—G10 的模式数据。对于不同的模式，其磁鼓与主导轴的速度是有区别的。比如对于主导伺服来说其 FG 频率：在录/放模式为 756Hz，快进搜索为 3860Hz；倒带搜索为 3880Hz；快进为 5203Hz；

表 4—2　　模式数据(NV—G10)

模式数据 \ 模式	重放	记录	快进搜索 (×5)	倒带搜索 (×5)	快进 (×7)	倒带 (×7)	静像	记录暂停
A	H	L	H	H	H	H	L	L
B	L	H	H	H	H	H	L	L
C	L	L	L	L	L	H	L	L
D	L	H	L	L	H	H	L	H

倒带为 5194Hz；慢动作为 580Hz。其实对于特技重放来说，磁鼓的转速也有很小的变化。模式数据 ABCD 实际代表 ROM 中不同模式基准数据的存放地址。由给出的地址信息可以选择 ROM 中相应的 FG 频率的基准数据。该基准数据是伺服跟踪的检测依据。

计数器是测量 FG 信号频率的电路，它实际上是测量 FG 信号的周期长短，周期长则频率低，周期短则频率高。为了节约硬件开支与便于处理，实际上只要测量 FG 的正半周期的时间长度即可。因此从图 4—18(b)中可见，FG 信号送入计数器是作为门控信号，当上升沿到来时对计数器进行复位并且立即开始对晶体振荡器 4.43MHz 的时钟信号进行计数，直至 FG 脉冲下降沿时停止计数，并在速度比较器中与从 ROM 中送来的指定模式下的基准数据进行比较，产生出代表速度误差的 PWM 信号，见图 4—19。当计数值与基准数据相等时称为“正确值”，此时 PWM 成为对称方波，占空比为 50%，其平均值为伺服电机在该模式下需要的电压(NV—G10 为 DC2.5V)。假设计数的“正确值”为 256，当转速高时计数值比 ROM 中的数值小(对于相位来说如果相位超前则计数值小)，则 PWM 形成一个正脉冲宽即占空比大的 PWM 波形。其平均值为高电压，以校正电机的转速使其变低。如果计数值大于 ROM 中的数据，则与上相反，形成一个占空比小的 PWM 波形，其平均值较正确值小，以校正电机的转速。

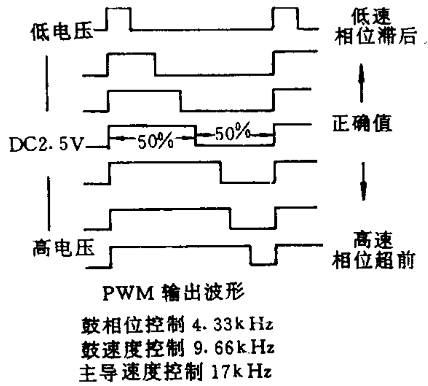
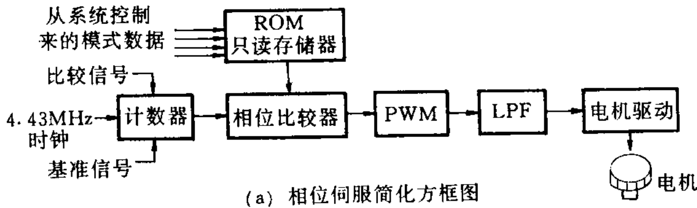


图 4—19　PWM 输出的代表速度/相位误差信号的波形

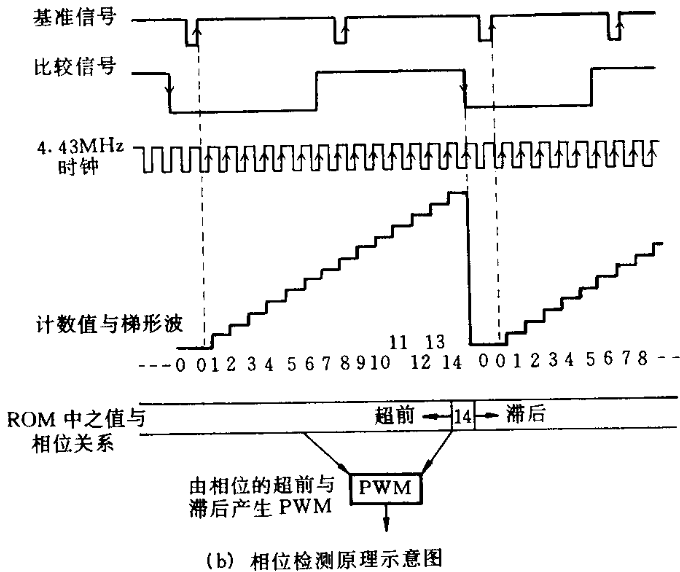
PWM 的频率必须高于 FG 信号与相位信号的频率才可能有良好的反应速度。NV—G10 录像机的具体数据见图 4—19。

数字相位伺服与速度伺服在原理上是类似的。其不同的地方主要有：对于同一模式数据，在相位伺服中寻址得到的“基准数据”与速度伺服不同；速度伺服中检测与计数在 FG 的半个周期内进行即可，而在相位伺服中是比较两个信号即基准信号与比较信号的相位差，因此计数是在全程范围内进行而不能采用一半周期来完成。见图 4—20 所示。

基准信号对于不同的伺服系统与不同的模式是不相同的，这些已在前面叙述。比较信号也类似。相位检测实际上是用计数器测量基准信号与比较信号的相位间的时间长度。即以基准信号的规定脉冲沿(图中为上升沿)开始使计数器对晶振 4.43MHz 脉冲进行计数，每个计数对应于一个 PWM 脉冲宽度的最小增量，计数值不断增加形成一个梯



(a) 相位伺服简化方框图



(b) 相位检测原理示意图

图 4—20　数字相位伺服原理方框图与波形示意图

形波来代表脉冲宽度的变化。当比较信号的脉冲沿(图 4—20 中为下降沿)到来时,计数器停止计数并把此计数值与相应工作模式下 ROM 中的数据进行比较。设此时 ROM 中的数据为“14”而此计数值恰为“14”时,此数据送到 PWM 使得脉冲的占空比为 50%,经过低通滤波器产生一个额定转速需要的电压。如果比较信号下降沿的相位超前即计数值小于 ROM 中的数值则在 PWM 中形成一个占空比大于 50%的脉冲。反之如果相位滞后则产生占空比小于 50%的脉冲,其输出经低通滤波器 LPF 形成误差电压送出到相应电机来调整其相位。脉冲宽度的最小分辨率即为 4.43MHz 时钟信号的周期。

表 4—3　　　　PWM 要求的信号

项目 \ PWM 比特数	10	9		8	
PWM 频率	4.33kHz	8.66kHz		17.318kHz	
误差测量用的信号频率	277kHz	139kHz	277kHz	69kHz	277kHz
最大的误差计数值	1024	512	512	256	256
对应的梯形波宽度	3.7ms	3.7ms	1.85ms	3.7ms	0.92ms
测量分辨率	3.6μs	7.22μs	3.6μs	14.4μs	3.6μs

我们在上面已经介绍了数字伺服的基本原理,为了进一步说明其 PWM 脉冲形成原理,可参见图 4—21 所示的一种速度环路组成框图。表 4—3 示出了 PWM 的信号频率、测量分辨率与梯形波宽度之间的关系。当 PWM 的时钟信号为 4.43MHz,其频率为 4.33kHz 时,PWM 的周期为 0.231ms,则采用 10bit 计数器的溢出周期即可。其阶梯分辨率为 1024 层,对应的梯形波宽度为 3.7ms。梯形波的宽度与 PWM 的 bit 数(即分层的层数)决定了梯形波的陡度即调整灵敏度,这一点与模拟伺服电路中锯齿波的陡度具有完全相同的意义。表 4—3 中亦给出了选用 9bit、8bit 计数器的情况。

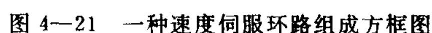


图 4—21　一种速度伺服环路组成方框图

在图 4—21 中,模式数据寄存器、延时计数器与比较器构成了一个在一定范围内的通用延时器,延时量相当于图 4—22 中的 m1—m2。模式数据寄存器相当于以上所述的 ROM,它接收从系统控制送来的录像机的工作模式数据,并把与其相应的延时长度的数据送到比较器。FG 信号的上升沿使 P2 产生高电位选通 4.43MHz 时钟在延时计数器中进行计数。计数值随时送到比较器与模式数据寄存器中的数据进行比较。当二者相同时产生 P8 脉冲对延时计数器复位,同时送双稳态电路的 R 端使 P2 变成低电位封锁延时计数器的计数。P8 脉冲送 Rs 触发器

的 S 端使 P10 变为高电位，选通时钟信号 P9(为 277kHz)对梯形波计数器计数。该计数器实际上就是误差计数器。在其计数期间，虽然其输出也加到误差寄存器但是并不传送，这样可以保证误差寄存器中的数据维持相对稳定性。当 FG 信号经反相得到 P4 信号，其脉冲后沿送至 RS 触发器 R 端使得 P10 变成低电位且立即封锁 P9，梯形波计数器停止计数。P4 信号同时产生 P13 重装信号将梯形波计数器的数据送入误差寄存器。该寄存器所存入的数据相当于图 4—22 中的 m3 时的计数值。由于 FG 信号的周期变化则计数值也就相应地跟随变化。如果 FG 的频率太高，如 FG1 情况，则由于延时还未结束 FG 上升沿又一次到来使延时计数器清“0”复位，所以梯形波计数器始终不工作。PWM 计数器的溢出信号 P15 使 PWM 置“1”，接着计数值为“0”，与误差寄存器中的数据“0”相比较，因一致所以产生 P14 使 PWM 为“0”。这样 PWM 的占空比(正脉冲)极小，误差平均值近似为 0。相反如果 FG 频率太低，如 FG2 情况，此时当梯形波计数器已达全“1”时，FG2 的下降沿仍未到，此时全“1”输出形成 P12 封锁计数时钟。以后送入误差寄存器为全“1”。当 PWM 计数器到达全“1”时，形成 P14 置 PWM 输出为“0”，接着 PWM 计数器计数为“0”而置 PWM 输出为“1”。所以占定比近似为 100%。从以上可见 PWM 占空比完全取决于误差计数值。

图 4—22　PWM 脉冲形成波形图

相位伺服 PWM 的形成与以上速度是相同的。在相位伺服中，FG 的前沿用基准(或比较)信号的脉冲沿来驱动，而 FG 的后沿则用比较(或基准)信号的脉冲沿来代替。这样可以完成相位间的伺服任务。其余的延时、梯形波计数以及 PWM 的形成与速度伺服原理完全相同。

4.4.3　数字伺服电路实例分析

通过以上说明就容易理解 NV—G10 的磁鼓数字伺服的原理了，参见图 4—23。

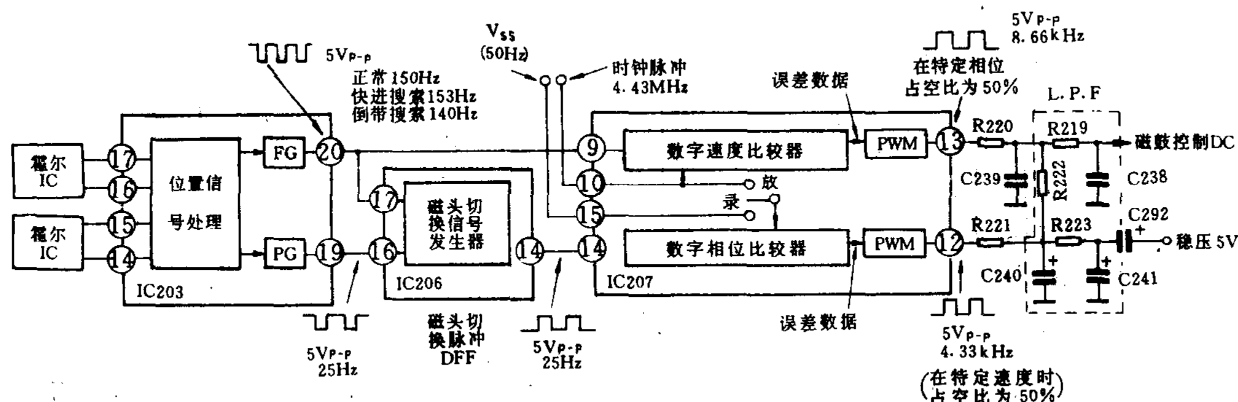


图 4—23　磁鼓伺服方框图

在速度环路中，霍尔集成电路(Hall　IC)用来检测转子(磁铁)的位置，并形成位置信号分别送到 IC203。经过位置信号处理后，除了产生换向信号驱动电机继续转动外，还产生 FG、PG 信号。FG 信号送到数字速度比较器与从 4.43MHz 时钟产生的基准信号进行比较，确定转速的大小而输出误差信号形成 PWM 脉冲，其输出经过低通滤波器 R220、R219、C239、C238，并且同

时与相位控制信号相加送到磁鼓驱动放大器中。

与速度环路类似，相位环路从位置信号处理电路产生 PG 信号，经过磁头切换信号发生器产生对称的 DFF 方波。它一方面送到视频处理电路作为磁头选择信号，另一方面送到数字相位比较器。同时在记录时用输入视频中的场同步信号、在重放时用 4.43MHz 晶振信号经分频后作为基准信号送到数字相位比较器。利用比较结果产生的相位误差形成 PWM 脉冲，经过 R221、R223、C240、C241 低通滤波器，从 R222 与速度控制信号相加送到磁鼓驱动放大器对鼓电机进行伺服控制。

主导伺服与鼓伺服类似，见图 4—24。

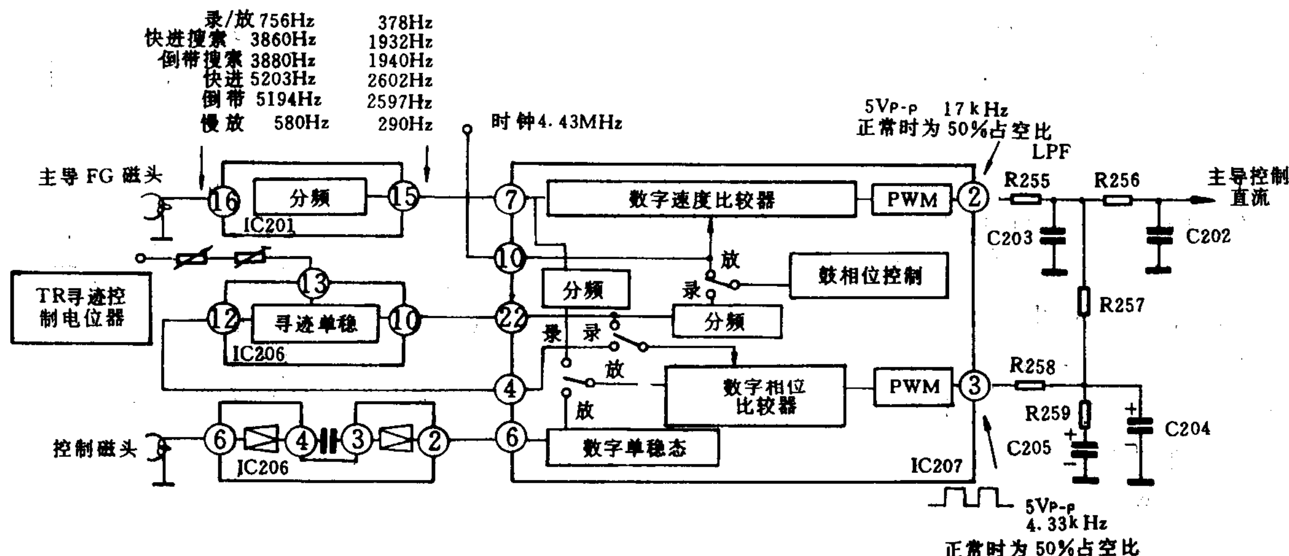


图 4—24 主导伺服方框图

速度环路中，由主导 FG 磁头拾取到的 FG 信号经过 IC201 分频送到数字速度比较器。在各种不同的模式下，FG 的频率及其分频后所得到的频率信号是不相同的（已分别标注在图上）。数字速度比较器根据不同的模式在 FG 信号周期内对 4.43MHz 时钟信号进行计数，以便衡量主导电机是否能按不同模式下相应的转速进行旋转。由此产生的误差数据用来形成 PWM 脉冲，经过 R255、R256、C203、C202 低通滤波器并且与从 R257 来的相位误差控制信号混合去控制主导电机。从图中可见速度伺服记录与正常重放采用完全相同的电路。

对于相位环路，以记录状态为例，此时所有电子开关均接在记录（REC）一边。此时基准信号是由 4.43MHz 时钟信号经过开关、分频而形成。然后再经开关送数字相位比较器。从主导 FG 送来的信号经过分频形成比较信号，再经过开关送到数字信号比较器与基准信号的相位进行比较，形成的相位误差数据产生 PWM 脉冲经过 R258、R259、C205、C204 低通滤波器后，通过 R257 与速度控制信号混合后去控制主导电机。

4.5 电机驱动电路

主导电机与磁鼓电机目前基本上均采用直接驱动的直流伺服电机（DD 无刷电机）。所谓直接就是电机旋转（相应转轴也旋转）时，不必要经过皮带或齿轮而直接带动磁鼓或主导轴进行旋转。电机驱动主要包括以下内容。首先它必须能够根据模式的需要改变旋转的方向，而且能够按照误差信号要求、通过功率输出改变电机的转矩从而改变电机的转速。其次必须检测转

子永磁体的旋转位置，改变定子线圈中的电流，使得线圈产生的磁场与转子永磁体的磁场相互作用（吸引与排斥），从而维持转子的继续转动，这种作用称为换向。最后，驱动电路必须将电机中的传感器件如霍尔集成电路等所拾取到的 FG、PG 信号进行处理后送到伺服电路中，以便使伺服电路能够检测电机的转速和相位，从而完成速度与相位的调控功能。

4.5.1 磁鼓电机驱动电路

1. 两相驱动方式

不同的厂家设计的电机，其具体驱动电路方案也不尽一致。根据绕组线圈的排列，主要有两种：一种是两相制，另一种是三相制。两相方式，驱动原理见图 4—25。

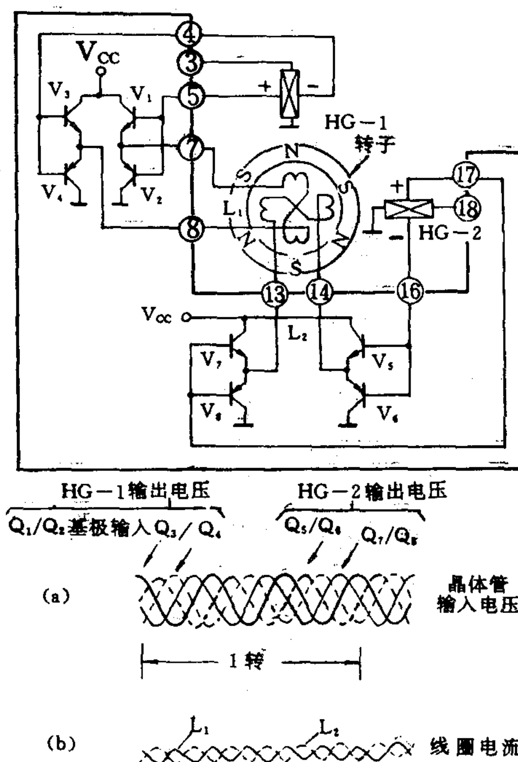


图 4—25 两相电动机的工作原理

所谓“两相”是指采用两组绕组线圈（$L1$、$L2$）每个线圈又分为两部分（相互串联），安装时与另一组线圈的两部分交替排在 360°内。永磁转子的磁极性与霍尔元件的位置均按一定关系排列。假如在某一时刻转子位置如图所示，霍尔元件 HG—1 在“N”极作用下产生左“＋”右“－”的电压，三极管 $V1$、$V4$ 导通，而 $V2$，$V3$ 截止。此时电流从 V_{cc}经过 $V1$ 线圈 $L1$、$V2$ 到地形成通路。则在线圈 L1 的上下两部分产生磁场与永磁转子磁场作用产生力矩使转子作顺时针旋转。随着转子旋转，N 极逐渐偏离 HG—1，则 HG—1 产生的电压也逐渐消失。当旋转使 S 极出现在 HG—2 附近时，由于霍尔效应使 HG—2 产生上端为正，下端为负的电压使得 $V7$、$V6$ 导通，而 $V5$、$V8$ 截止。此时电流从 V_{cc}出发经过 $V7$，线圈 $L2$、$V6$ 到地。这样线圈 $L2$ 的两部分产生的磁场与转子上的磁场相互作用使得转子继续按顺时针方向旋转。随后当 S 极转到 HG—1 附近时，HG—1 产生左负，右正的电压使 $V3$、$V2$ 导通；在线圈 $L1$ 上产生使转子继续旋转的转矩。这样霍尔器件不断检测出转子上磁极的所在位置，并相应改变线圈 $L1$、$L2$ 中电流的方向；从而保证了电机转动。在图 4—13 下部表示了各个晶体管的输入电压及两组线圈 $L1$、$L2$ 中的电流波形。

当然，电机转矩的大小，转速的快慢与电压 V_{cc}有直接关系，控制 V_{cc}的大小与方向则可以改变电机的转速、方向，为伺服提供了直接的控制接口。

2. 三相驱动方式

对于三相驱动方式，其换向信号又有霍尔传感器与反电动势积分二种形成方式。

图 4—26 中，电机的定子上装有三组线圈 M1、M2、M3，它们之间相继差 40°角，同时定子上还装有二个霍尔集成电路。每组线圈又分为三个绕组，每两个绕组之间互成 120°角安装。定子磁铁上充磁为 12 个磁极。霍尔集成电路产生 FG/PG 信号，它同时又是换向所需要的转子磁铁的位置信号。

① 电机的转矩控制：从伺服电路来的误差信号形成的直流电压通过 IC⑬脚加到转矩控制电电路，它的输出加到差分放大器并通过差分放大器改变三个驱动晶体管中的电流。当输入 IC⑬脚的电压低时，三极管中的电流增加，流入主线圈中的电流增加，磁场增强，电机的转矩加

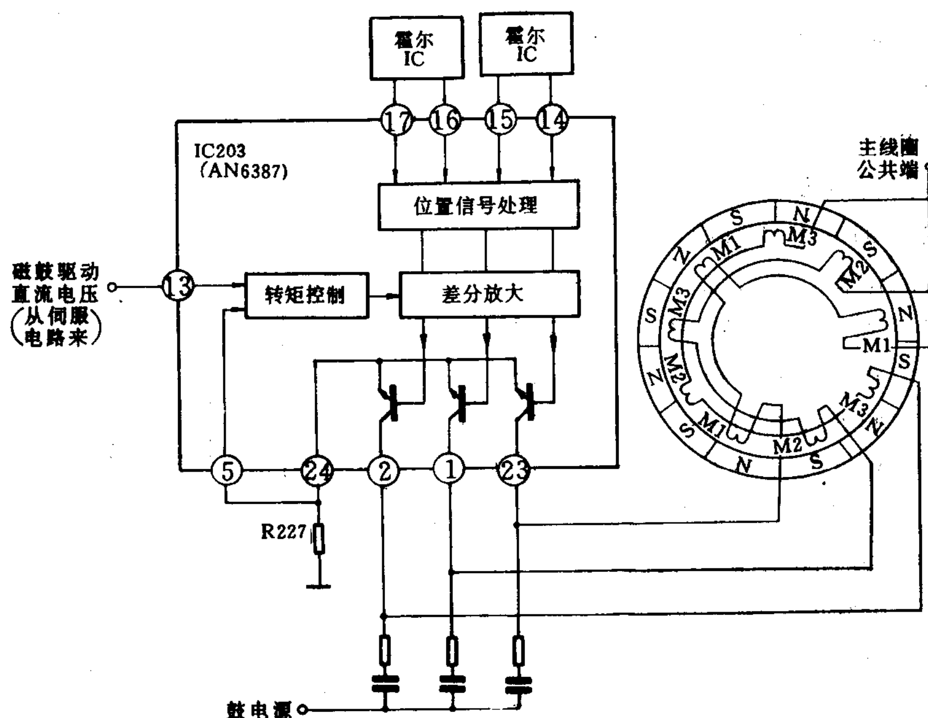
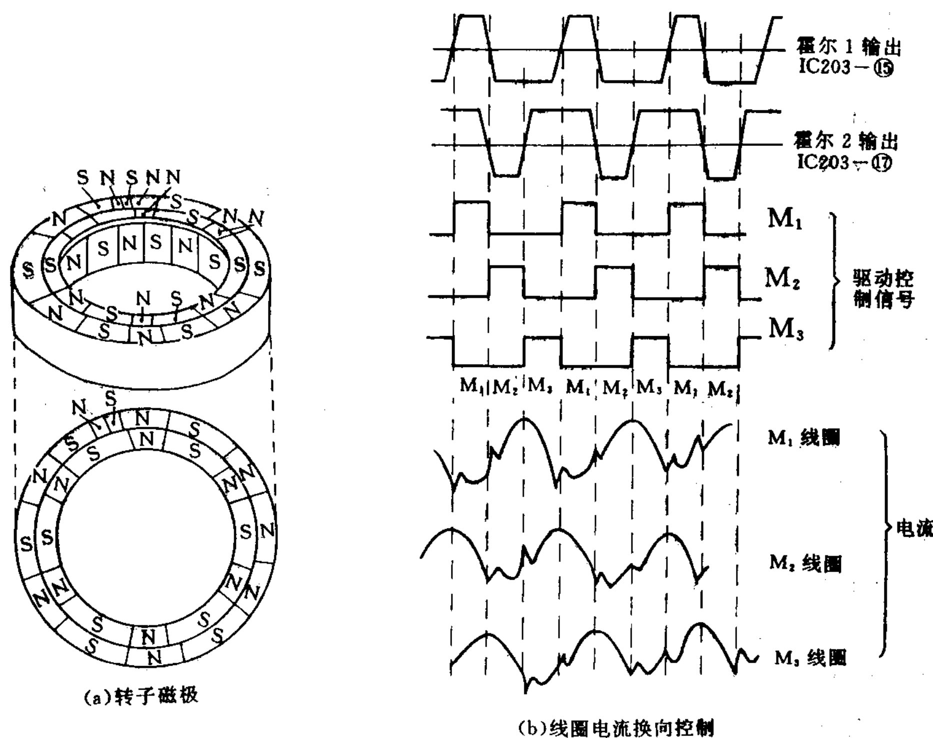


图 4—26　鼓电机驱动方框图

大,转速提高。反之,当送到 IC⑬脚中的电压增加时,电机转速降低。

在实际生产中,集成电路 IC 中的三个晶体管的增益与参数不一定完全相同,三组主线圈所产生转矩也不可能绝对一样。这样就必然会引起电机转动的抖晃。为了尽量避免此种抖晃,使用电阻 R 作为电流负反馈电阻来控制主线圈中的电流,使其保持一致。

② 位置检测与主线圈中的电流驱动:在图 4—27(a)中,如果转子在一个适当位置时,三



(a)转子磁极

(b)线圈电流换向控制

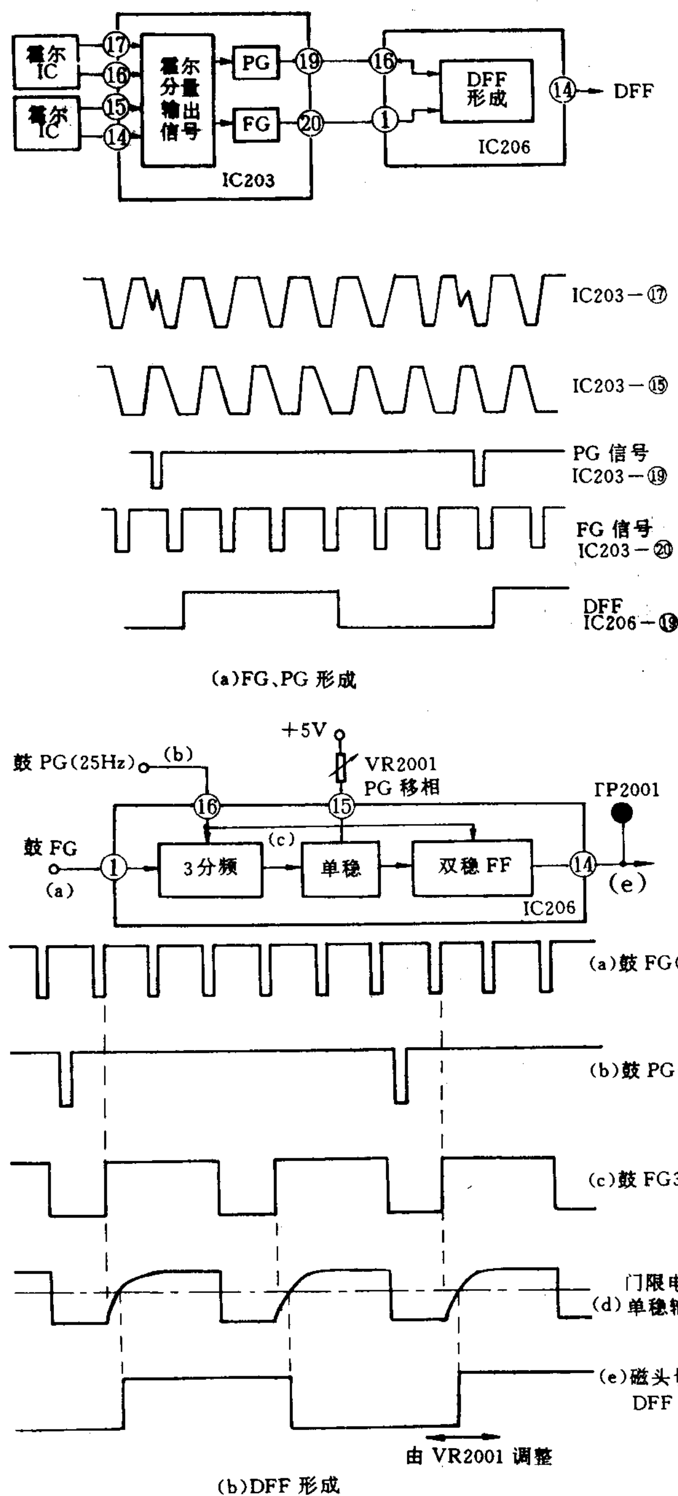
图 4—27　鼓电机转子磁铁与定子线圈换向控制

组线圈中的某一组通过电流产生磁场，其形成的两个磁极与转子磁铁的磁极作用正好为一个吸引、一个排斥，驱使转子转动。当其转到另一个位置时，换向控制又顺序使另一组线圈中通以电流，这样又使转子继续转动。如此不停地换向可以使转子不断地旋转。在图 4—27(a)中是转子磁铁充磁磁极图。在它的外面定子上装着二个霍尔 IC。转子磁极又分为内外两层。在外层中有两个小范围的磁极与视频磁头间有一个相应的位置关系。它用于 PG 信号的形成。

当转子转动时霍尔 IC 随时监测转子磁极的位置并形成如图 4—27(b)IC203⑮、IC203⑰脚的波形。在位置信号处理的逻辑电路中很容易将它们处理成 M1(二者均为高电平)、M2(二者均为低电平)、M3(二者一为低、一为高电平)三个线圈的驱动控制信号。它们顺序切换三个线圈中的电流如图 4—27(b)中所示，使电机不停地旋转。

③ PG、FG 信号及磁头切换脉冲 DFF 的形成：从霍尔 IC 送来的信号本身已包含了 FG、PG 信号。在 IC203 中 PG 逻辑电路把磁极 N、S 产生的信号选通出来，FG 逻辑电路把 FG 信号选通出来，然后分别送到伺服电路和 IC206 中去，见图 4—28(a)。DFF 的形成见图 4—28(b)，鼓 FG 信号是频率为 150Hz 的脉冲信号经过 3 分频以后成为 50Hz 脉冲。经过的单稳延时电路是为了能够调整磁头切换脉冲 DFF 的相位，以便在一定程度上校正磁头电机在安装精度上的误差。便于生产。调整电位器 VR2001 可以调整延时量的大小，从单稳输出的已经延时了的脉冲沿触发后面的双稳态多谐振荡器，产生一个对称的方波，即磁头切换脉冲 DFF。调整单稳态的延时量大小实际上是调整 DFF 的上升、下降沿的相位。

双稳态电路能将 FG 信号经 3 分频以后的 50Hz 信号转变为



(a)FG、PG 形成

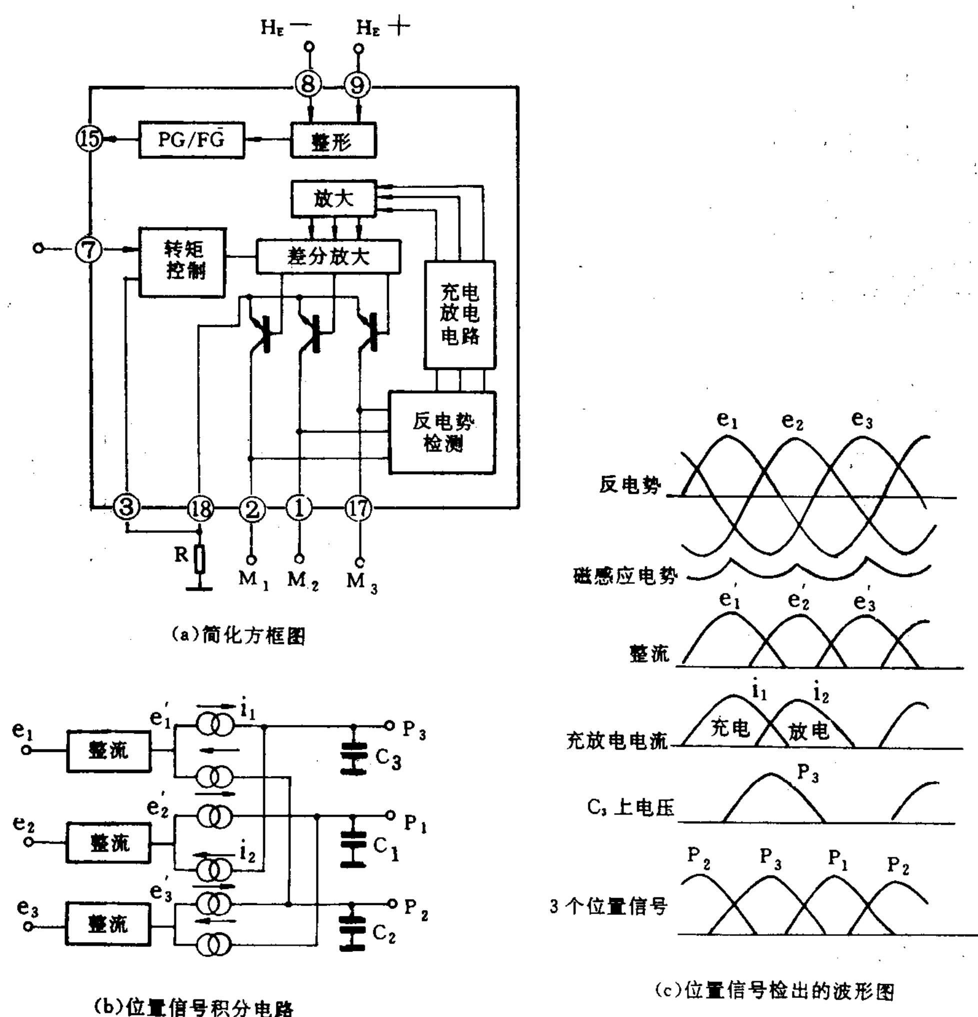
(b)DFF 形成

图 4—28　FG、PG、DFF 信号形成

25Hz 信号。但是随机地触发，不能保证 DFF 的"高"、"低"电平与视频磁头"左(L)"、"右(R)"的严格一致性。为此鼓 PG 信号从 IC206⑯脚送到 3 分频电路使计数器复位，保证开始计数的唯一性。也就是说起始计数不是随意而是从 PG 以后开始的。PG 信号同时还送到双稳态电路使其复位，这样保证在 PG 后 DFF 的第一个跳变沿是上升沿，第二个跳变沿为下降沿。在 DFF 为高电平期间，切换选通的视频磁头为"L"方位角重放的信号。在 DFF 为低电平期间选通"R"方位角磁头重放的视频信号。

在以上介绍中，控制电机定子线圈中电流换向的位置信号是利用霍尔元件检测转子位置得到的。转子的位置信号也可以利用定子线圈产生的反电动势得到。由于位置检测方法改变，驱动集成电路内部构成也有所改变。

在图 4—29(a)中主线圈 M1、M2、M3 通以换向的驱动电流，在此同时，在定子线圈上产生反电动势。它的大小与线圈电感成正比，与电流的变化率成正比。此电压在三个驱动晶体管上取出，送到反电动势检测电路并经过充电放电(积分)、放大电路就可得到位置信号，再控制差分放大电路完成顺序切换主线圈中的电流。



(a)简化方框图

(b)位置信号积分电路

(c)位置信号检出的波形图

图 4—29 反电动势位置信号检测与驱动图

图 4—29(b)中是反电动势位置信号检测的积分电路，其对应的波形图为图 4—29(c)。反电动势 e_1、e_2、e_3 经过整流成为 e'_1、e'_2、e'_3，分别顺序向 C3、C2、C1 充电。例如在 e'_1 产生 i_1 向 C3 充电时，C3 上的电压滞后于电流得到的是位置信号 P3、其放电电流为 i_2。这样我们可以得到三

个位置信号 P1、P2、P3，经过放大来驱动差分放大器顺序切换三个主线圈中的电流，从而维持电机旋转。利用反电动势作位置信号在一定程度上提高了电机的旋转精度。避免了由于霍尔元件安装上偏差而形成的切换点的不均匀性。

但是这种方法在电机还未开始旋转的停止状态却不产生反电动势，故不能得到位置信号。在图 4—30 中，反电动势检测的其中一路送到转动失效检测电路以便判断电机是否在不旋转状态。如果在停转状态则将停转信号送到停止检测电路中去，另一方面霍尔位置信号也送到停止检测电路，此时停止信号选通霍尔位置信号，电机的换向仍将以霍尔位置为依据。在停止状态，从 IC2201⑦脚送来的信号一方面送转矩控制电路，另一方面送停止电路，控制 PG/FG 输出霍尔位置信号，同时控制外同步电路，使内部振荡信号、霍尔位置信号来控制差分放大器换向。当电机旋转趋于正常以后，从反电势检测送到失效检测电路封锁霍尔信号，从 IC2201⑦脚送来的信号经过停止电路封锁外同步换向信号而代之以反电势位置检测的换向工作。在该集成电路中还增加了温度过高保护和短路保护电路，控制转矩以便保护电机与集成电路。

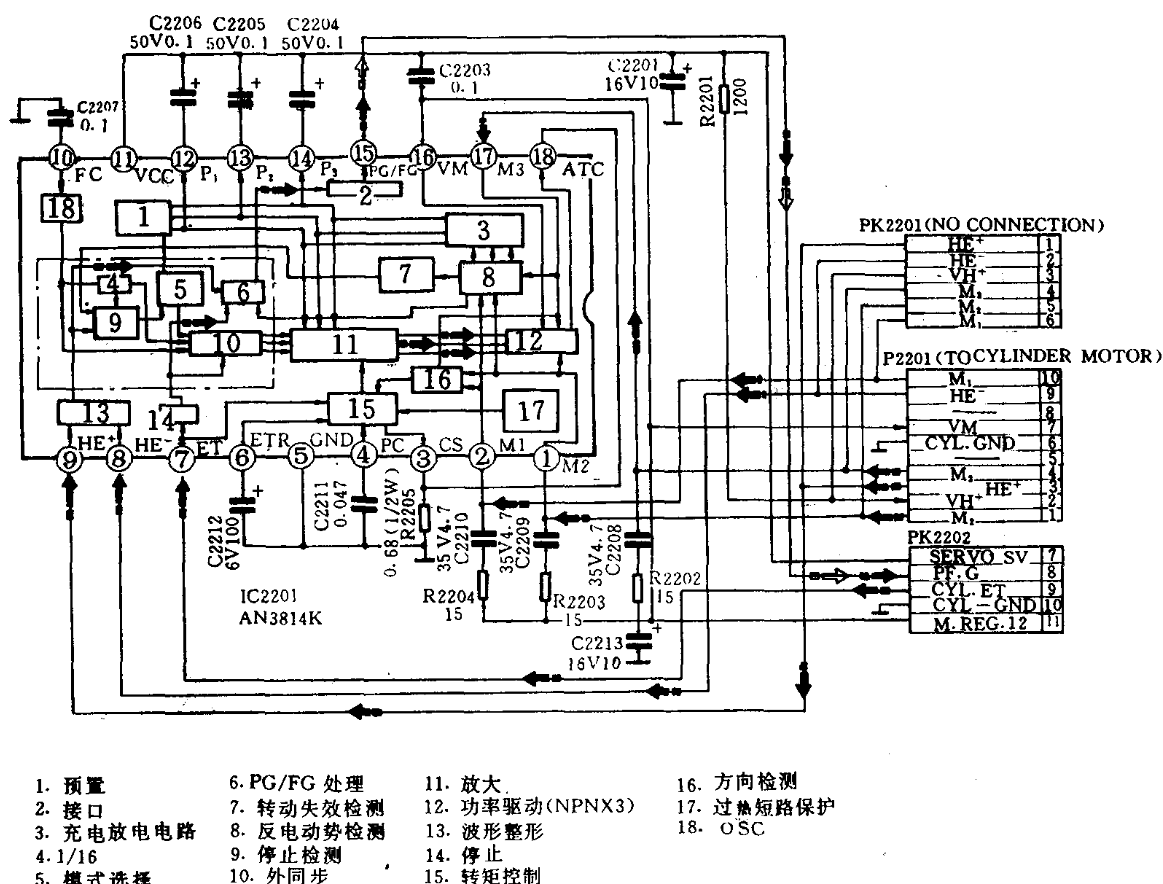
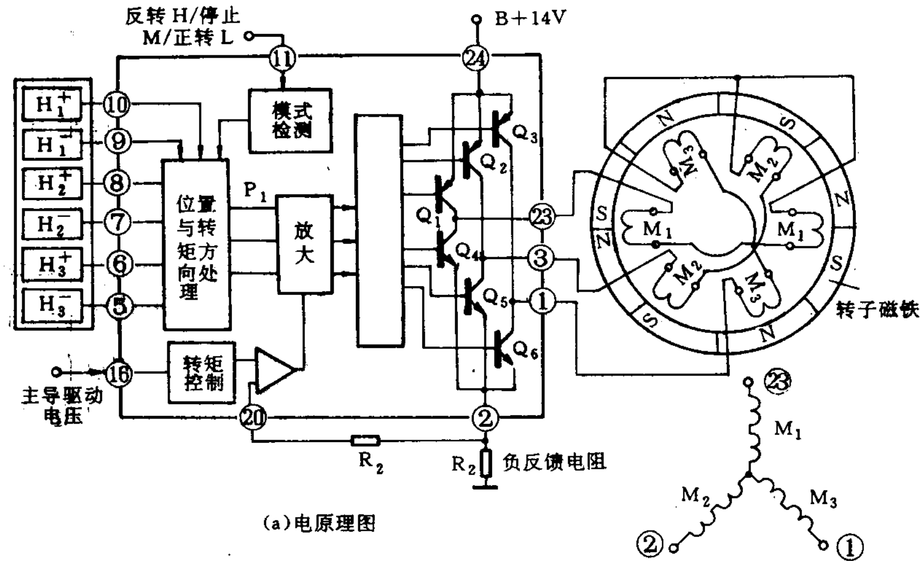


图 4—30 反电动势位置检测方式电机驱动原理图

4.5.2 主导电机驱动电路

主导电机也与鼓电机类似，采用直接驱动的无刷直流电机(DD 电机)。但是它与磁鼓电机在结构上是不相同的。鼓电机转子为杯形，定子线圈产生的磁极方向为径向方向。而主导电机定子线圈产生的磁场与转子磁场由于采用按旋转平面安装而垂直于旋转平面，这样可以减小电机的体积并且变成扁平形式。磁鼓电机转速比主导电机转速高，采用多个磁极以保证转速的平滑性，即定子用三组线圈形成 9 个磁极，转子磁铁采用 12 个磁极。主导电机定子也采用三组

线圈，每组分为二个，呈对称安装，形成 6 个磁极。转子磁铁则用 8 个磁极与其平面相对的安装形式。其结构为星形连接（指线圈），每次导通均有两组线圈，其中一组为正向，另一组为反向，这样就可以造成一组吸引转子、另一组按同方向推动转子旋转。由于主导轴旋转要求很慢，所以为使电机转动平滑，还在定子上装有 3 个霍尔集成电路，转子每转一周，每个霍尔 IC 均会检测转子上的 8 个磁极位置，所以共有 24 个位置信号产生出来，完成对定子线圈的 24 次换向工作。在图 4—31 中共有六个驱动三极管，其中 Q1～Q3 为 PNP 型，Q4～Q6 为 NPN 型。当位置信号控制它们工作时，每次只有一对三极管处于导通状态，其他三极管均处于关断状态（图上



(a)电原理图

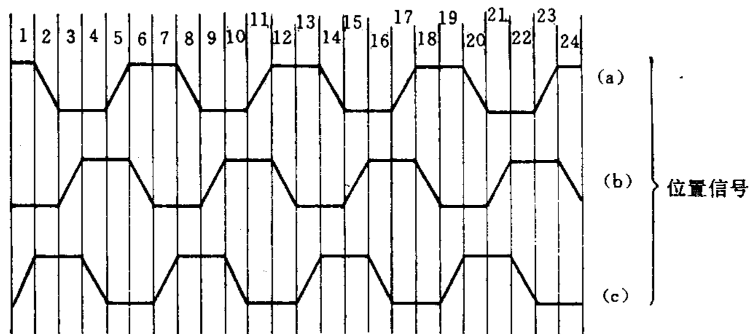
周期				Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6
1	7	13	19	ON	—	—	—	—	ON
2	8	14	20	—	ON	—	—	—	ON
3	9	15	21	—	ON	—	ON	—	—
4	10	16	22	—	—	ON	ON	—	—
5	11	17	23	—	—	ON	—	ON	—
6	12	18	24	ON	—	—	—	ON	—

（表头斜线：三极管 / 周期）

(b)三极管导通与位置信号

驱动电流 流动方向
+14V→Q_1→M_1→M_3→Q_6→R_1→地
+14V→Q_2→M_2→M_3→Q_6→R_1→地
+14V→Q_3→M_3→M_1→Q_4→R_1→地
+14V→Q_2→M_2→M_1→Q_4→R_1→地
+14V→Q_3→M_3→M_2→Q_5→R_1→地
+14V→Q_1→M_1→M_2→Q_5→R_1→地

(c)电流方向



(d)位置信号波形图

图 4—31 主导电机的驱动电路

用"一"表示)。这样就使得每次只有二组线圈通电工作,而第三组因不通电流而不起作用。

在位置与转矩方向处理电路中首先把霍尔送来的信号进行放大,再判别其电平高低,同时根据送入模式检测电路中的电平(反转时送来高(H)电平,停止转动时送来中间(M)电平,正转时送来低(L)电平)来确定位置 P1、P2、P3 信号。P1、P2、P3 信号经过差分放大与预放来开启驱动三极管。图 4—31(d)中表示正向旋转时的位置信号经过放大送到三相位信号发生器。它控制 Q1~Q3 导通,而同一时刻正在由低到高或高到低的电平转换中的位置信号不起作用。在三个位置信号的 24 个周期中,每个周期控制电机转动的角度为 15°。三种位置信号共有 6 种组合情况(即 24 个周期中有 4 个周期的位置信号组合是相同的)它们分别是:1、7、13、19;2、8、14、20;3、9、15、21;4、10、16、22;5、11、17、23;6、12、18、24。例如在第一个周期中位置信号 A 为高,B 为低,C 在过渡中。三相信号发生器控制 Q1(PNP)、Q6(NPN)导通,其电流方向由 14V 电源经过 Q1、M1、M3、Q6、R1,到地使电机转动,接着在第二个周期,控制 Q2、Q6 导通使电机继续旋转。这样依据位置信号,控制三极管导通,完成线圈中的电流换向,从而形成一个旋转磁场驱动主导轴旋转。见图 4—31(b)、(c)。

主导 FG 的产生方法是:在主导转子磁铁外圆中安装一个塑磁材料做的永磁磁环,它充有多个磁极,充磁磁极的对数随机型不同而异(一般为 700~1500 个)。充磁极个数多则伺服精度可以高一些,但充磁则会更困难。比如有的机器充磁极个数为 1440,磁极宽度仅为 0.3mm。在磁环的底板上固定一个拾取磁头,当磁环旋转起来以后,在磁头上可以得到磁电感生电势。这个信号经过放大整形即为 FG 信号。

4.6 特技重放伺服

所谓特技重放实际上是改变录像机走带速度进行重放。比如当主导轴停止转动时,重放视频信号是两个磁头扫描拾取同一帧或场图像信号,其特技效果是静止图像。

实现特技重放,对伺服系统提出了很高的特殊要求。除了考虑改变磁头缝隙宽度的磁头制造问题以外,主要是利用系统控制微机与伺服系统严格控制主导轴(当然磁鼓也有一定变化)的转速与相位,使得视频磁头能够准确地扫描记录的视频磁迹,从而得到良好的特技重放效果。

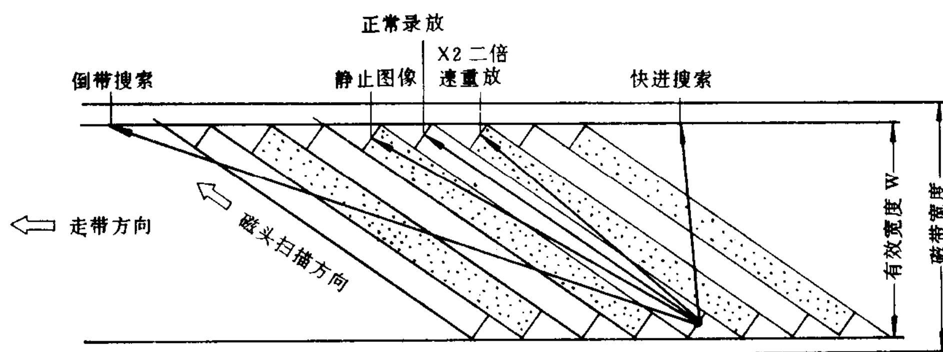


图 4—32 特技重放时磁头扫描的图形

如图 4—32 所示,相邻两条视频磁迹的磁头缝隙方位角是不相同的(一个为+6°,另一个为-6°)。假定在某一时刻视频磁头的位置在 0 点,磁头缝隙中心线根据不同的走带速度在扫描过程中可以分别得到倒带搜索、静止图像、正常重放、二倍速重放、快进搜索等不同的运动路径。由于重放时二个磁头方位角不同,所以在非正常重放时跨越不同方位角的记录磁迹时便收

不到视频信号而在画面上产生噪声带。为了降低或消去噪声而必须研究重放 FM 包络电平的变化以及采取必要措施获取特技重放的良好效果。我们这里将采用磁迹位形图的坐标表示法来说明。

4.6.1 磁迹位形图与重放 FM 包络电平

1. 磁迹坐标表示

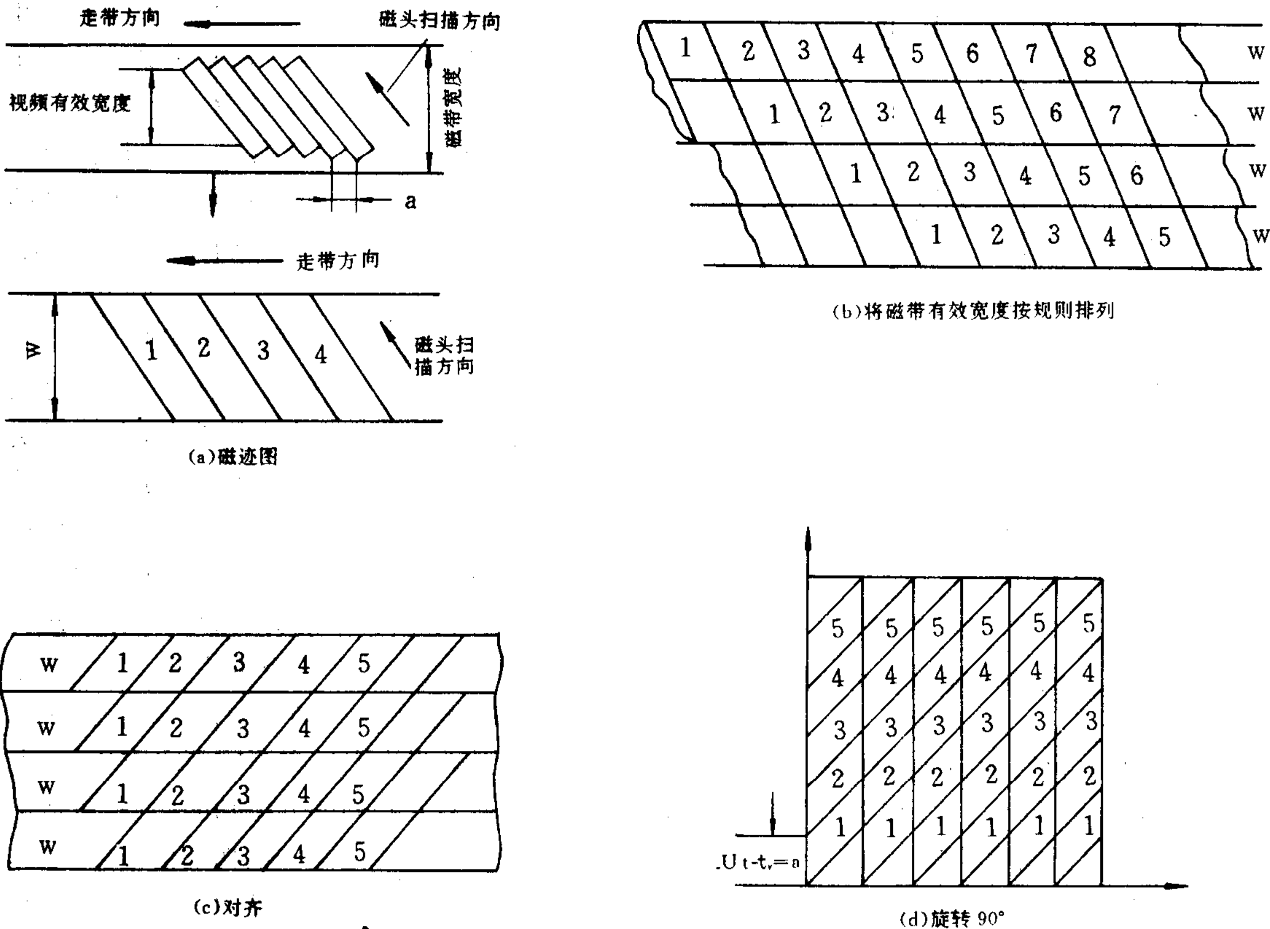


图 4—33 视频磁迹位形的坐标表示法

在图 4—33(a)中 W 表示有效视频磁迹宽度，磁头扫描的顺序假定 L 磁头扫描 1、3、5……R 磁头扫描 2、4、6……条磁迹。为了分析方便把有效宽度的磁带一条接一条在宽度方向上排开，每一个宽度自下而上向左错开一条磁迹，得到图 4—33(b)。再将图改变角度使相同数字对齐得到图 4—33(c)。最后再将图形旋转 90°得到图 4—33(d)。它的纵坐标代表走带量。图上一格表示正常走带时每一电视场的走带量。横坐标一格代表磁带宽度。在正常重放中磁头实际扫描是在 x、y 方向同时前进，并交替扫描 1、2、3……见图 4—34。由于方位角与记录相同；所以其 FM 包络电平为平坦。所获的图像是良好的。

2. 静止图像的重放 FM 包络电平

静像就是走带速度为 0，即在磁迹位形坐标的纵轴方向停止前进，而磁鼓仍基本上保持原来的旋转速度即在横轴方向上磁头仍在前进。由于磁带上的信号在记录时具有方位角，重放时只有与记录磁迹方位角相同的磁头才能拾取到视频信号。但由于走带速度为零，所以磁头缝隙宽度扫描与原来的磁迹不能重合，必有一部分扫描不到，所以拾取的信号就小，当信号幅度小

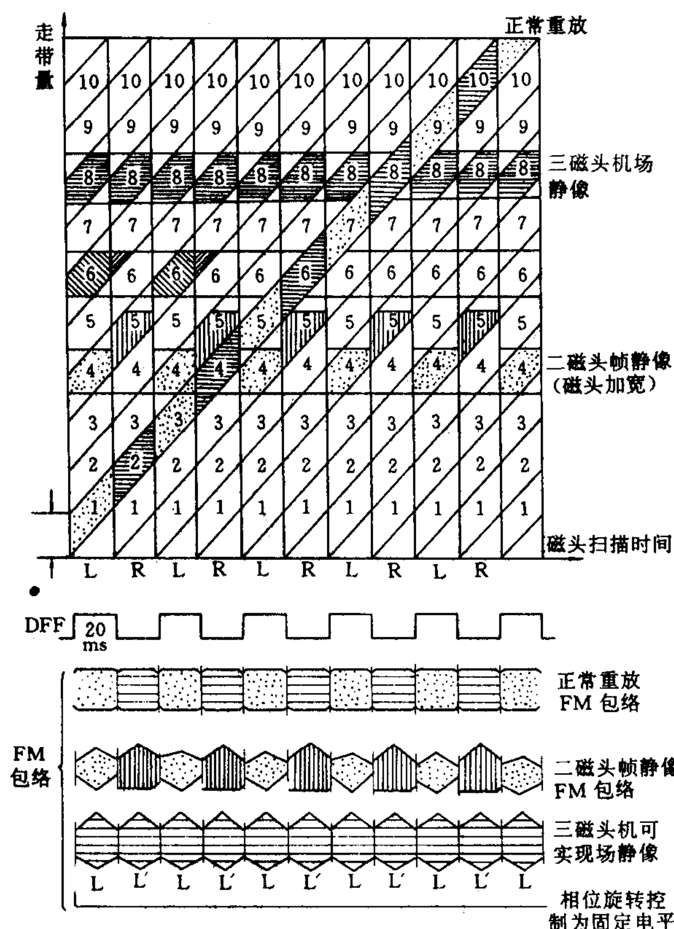


图 4—34 正常重放与静止图像的包络电平

于正常幅度的 20%时，便不能得到可供欣赏的图像。如果视频磁头宽度正好与磁迹宽度一样，则静止图像时，不可能利用二磁头得到良好的图像。所以对于二磁头的录像机，一般采取一个磁头为 57μm，第二个磁头为 75μm（磁迹标准宽度为 49μm）的方式解决。在静像时，伺服控制停在与 57μm 磁头方位角的磁迹相同的磁迹上。第二个磁头与第一个磁头的下边沿对齐，因为其宽度大，仍然可以扫描到一部分相邻磁迹上，拾取到另一场的视频信号。此时在监视器上出现的是两场的视频信号。这种方法称为"帧"静像。

在图 4—34 中同时还绘制了三磁头扫描轨迹与 FM 包络电平。三磁头是指在原来二磁头磁鼓的基础上，在 R 磁头后面（指对旋转方向而言）约 620μm 的位置处（相当于电视信号的 2H）安排第三个磁头 L′，其方位角与 L 磁头的方位角相同。所谓四磁头实际上是在 L 磁头的后面再装上第四个磁头 R′，其方位角与 R 磁头的方位角相同。其滞后量与 L′对于 R 的滞后量完全相同。顺便提一下，滞后量的大小，因磁头生产厂家不同而略有不同，大约为 600μm～750μm 之间。在静止图像时 L 与 L′ 磁头扫描具有 L 相同的方位角的磁迹，虽然不能完全重合但仍能得到较大的 FM 信号输出。由于此二磁头输出的是同一电视场信号，所以称为"场静像"。场静像比帧静像具有更稳定的图像。这是由于在帧静像时扫描的是两场信号，对于 PAL 来说两场相差 1/50s，对于快速活动的图像就会感到图像在抖动。而场静像则可完全消除此种抖动。为了实现彩色图像，在场静像时 L′ 磁头输出的信号不应该进行相位旋转，所以控制相位旋转的信号保持与 L 磁头相同的电平不变。

4.6.2 慢动作与穿梭变速重放

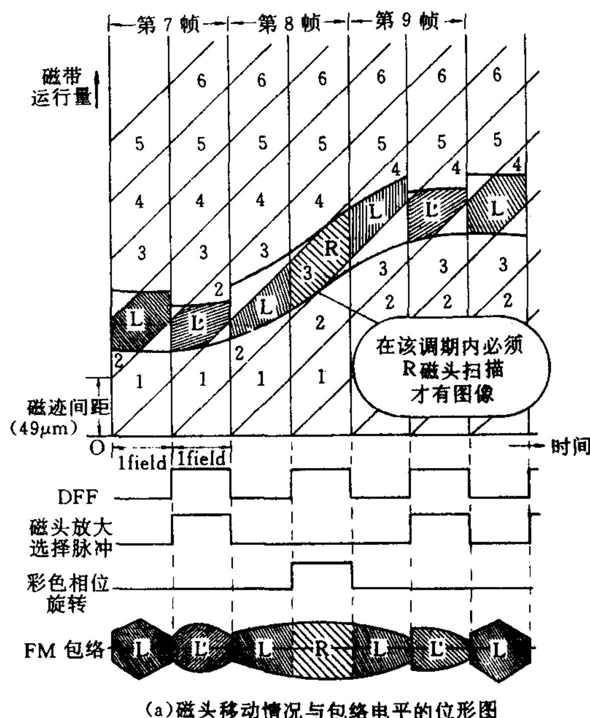
当操作功能键使录像机进入慢动作放像状态时，系统控制与伺服系统将精确地控制主导电机停止，以便实现静止图像功能。当静像经过一定时间以后重新启动主导电机使图像前进一帧以后再精确停止下来，这样交替进行静止图像与进帧的自动控制，就形成了慢动作放像。慢动作的速度由重放一帧信号（1/25 秒）的时间决定。如果对于已录磁带上一帧信号的重放时间是 $8\cdot(\frac{1}{25})$秒则慢动作的速度即为正常重放的 1/8，如重放时间是 $4\cdot(\frac{1}{25})$秒则慢动作速度是正常重放的 1/4 等。

如果利用"+"、"−"按键，或操作往复搜索盘正转、反转可使录像机慢动作的速度逐渐地

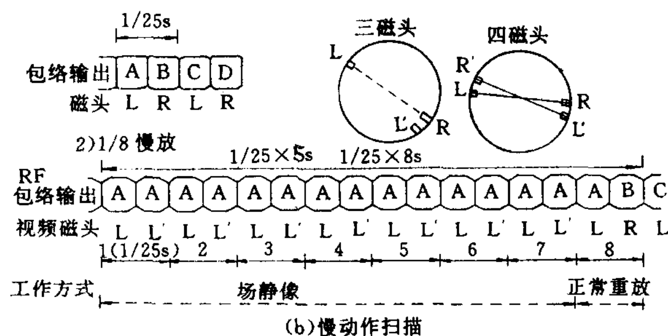
加快前进、或后退，直至静像。这种功能称为穿梭变速功能。下面将进一步说明其过程。

1. 慢动作的实现方法

以 3 磁头机为例。从图 4—35(b)可见，正常记录再重放时，其 FM 包络由 L、R 二个磁头分别拾取的信号形成，并且等速地从 A、B、C、D……磁迹上拾取到相应的信号 A、B……慢放时，若假定慢动作速度为正常时的 1/8，则控制主导电机停在磁迹为 L 磁头方位角上，同时控制 L、L′ 磁头输出拾取的信号，封锁 R 磁头的输出使录像机进入静像状态。从第 7 帧开始控制主导电机加速前进，当其速度达到正常重放速度的 80%左右时，磁带运行量接近于“3”的位置，见图 4—35(a)，此时控制 R 磁头输出信号。当 R 磁头扫描时，开始启动主导电机使其加以反向电流产生反向转矩而使主导电机进行刹车。直至第 9 帧时主导又停在 L 磁头方位角的磁迹上，重新开始静像。按以上控制步骤反复进行即可得到 1/8 正常速度的慢动作特技效果。



(a)磁头移动情况与包络电平的位形图



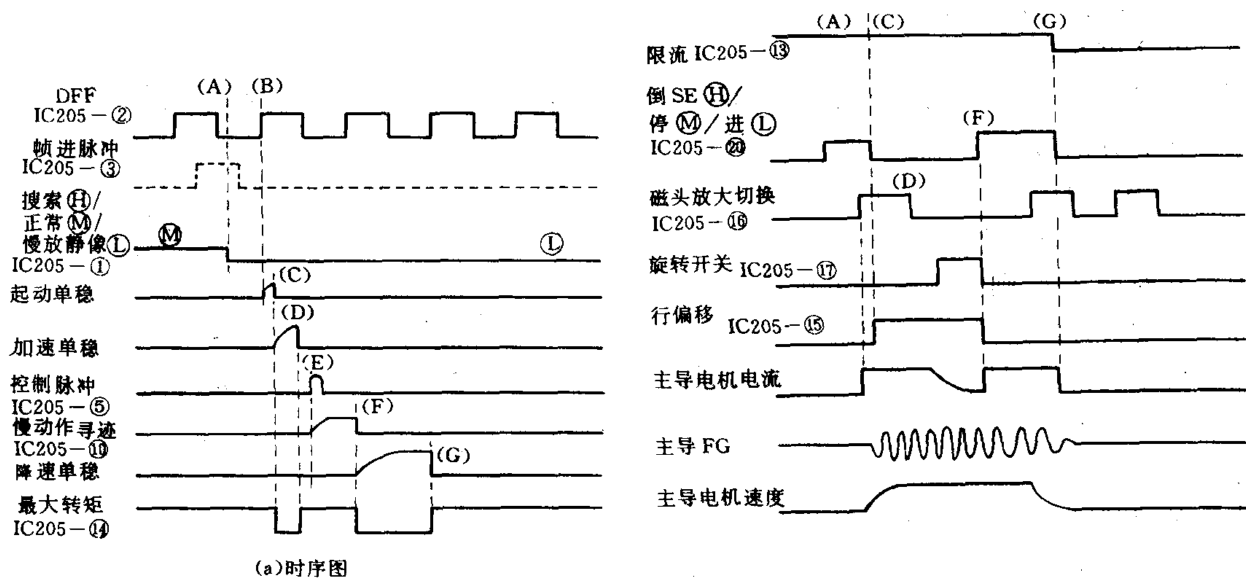
(b)慢动作扫描

图 4—35 慢动作的磁迹位形图与包络电平

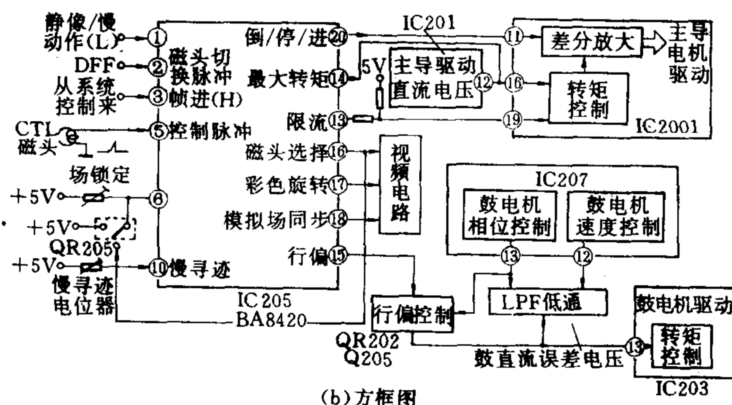
下面我们利用图 4—36 来说明实现慢动作控制的电路原理。当慢动作/静像键按下时，系统控制送到 IC205①脚为低电平。以后当其检测为慢动作或帧进模式时便开始控制。然后磁头切换脉冲在第一个上升沿触发数字式启动单稳电路，标志着慢动作的开始。在此单稳态的脉冲后沿产生最大转矩信号(L)加到 IC205⑭脚，倒/停/进信号变成低，主导电机便以最大加速度向前进方向转动。当主导速度达到正常速度的 80%时，最大转矩信号变为高。当控制磁头上拾取控制脉冲以后(在 IC205⑤脚)，触发慢动作寻迹单稳态电路。此脉冲的宽度可以由慢寻迹电位器调整。它的后沿触发降速单稳态电路，同时使最大转矩信号重新变为低(L)，产生最大转矩，但由于倒/停/进信号变为高(H)，所以使主导电机以最大转矩进行刹车。刹车的时间由降速单稳态决定，当降速单稳脉冲结束时，主导电机正好停在 L 磁头记录的磁迹上，使得 L、L′ 磁头能够拾取较高的 FM 包络信号。当磁带移动使得必须用 R 磁头扫描时，则产生相位的旋转切换脉冲经过 IC205⑰脚送到视频电路，使得彩色信号进行逐行相位旋转。在主导电机开始旋转和刹车期间，由于主导电机转速的迅速变化会产生行摆动。为避免这种情况，在此期间磁鼓的加速度要作相应地略微变化。

2. 模拟场同步信号的产生

在特技重放时，由于磁头运行轨迹不能完全与记录时相同，所以在 FM 包络的每条磁迹的开始段即每个场同步周期可能会受到扰动或产生噪波，见图 4—37。这样重放图像会在场方向



(a)时序图

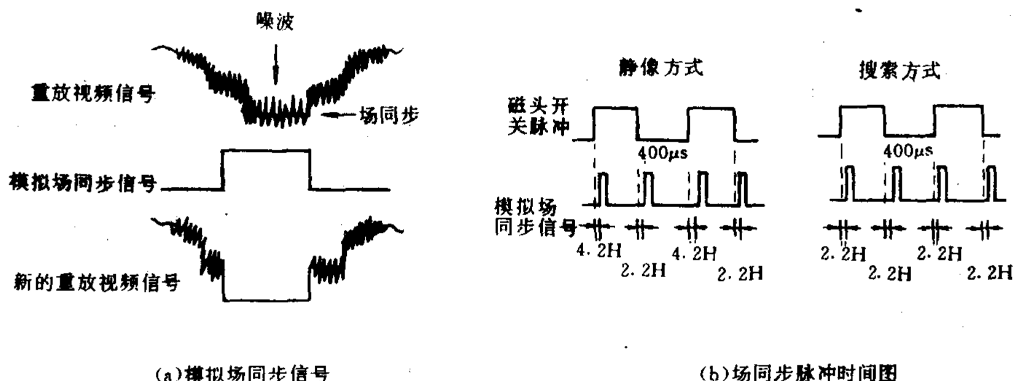


(b)方框图

图 4—36　慢动作控制原理

上产生不稳定的抖动，严重时会造成图像的翻滚而完全失去观看价值。为了解决这个问题，可利用磁头切换脉冲上升与下降沿经过一定延时，再产生人为的模拟场同步信号，一方面消去场同步期间的噪波扰动，另一方面加于视频信号之中代替场同步，这样可以保证有良好的场同步信号，见图 4—37(a)。

但是在静止图像期间使用的是 L、L′ 磁头，而 L 与 L′ 磁头的安装平面角不是 180°，L′ 要滞后 R 大约两行，所以从磁头切换脉冲沿到模拟场同步前沿的时间在两场期间是不相同的，不



(a)模拟场同步信号　　(b)场同步脉冲时间图

图 4—37　模拟场同步信号及脉冲时间图

然的话在原理上会造成场方向的上下跳动，见图 4.37(b)。

4.6.3 倍速重放与快速搜索

录像机在重放过程中如果按下快进或倒带键则可以使录像机进入快进搜索或倒带搜索模式。搜索模式主要是改变主导电机转速，使主导电机高速正向或反向前进，其速度可以是 5 倍、7 倍、9 倍等，当走带速度是正常的 2 倍时称为二倍速重放。

1. 二倍速重放

见图 4—38，在此模式下图像信号重放速度比正常速度快一倍，一般录像机在特技重放模式均没有声音输出。此种模式有二磁头和四磁头方式。对于二磁头方式，从图可见，两倍速度相当于磁头在位形图上每场前进二格。由于方位角原因，每个磁头每场只能有一部分信号拾取

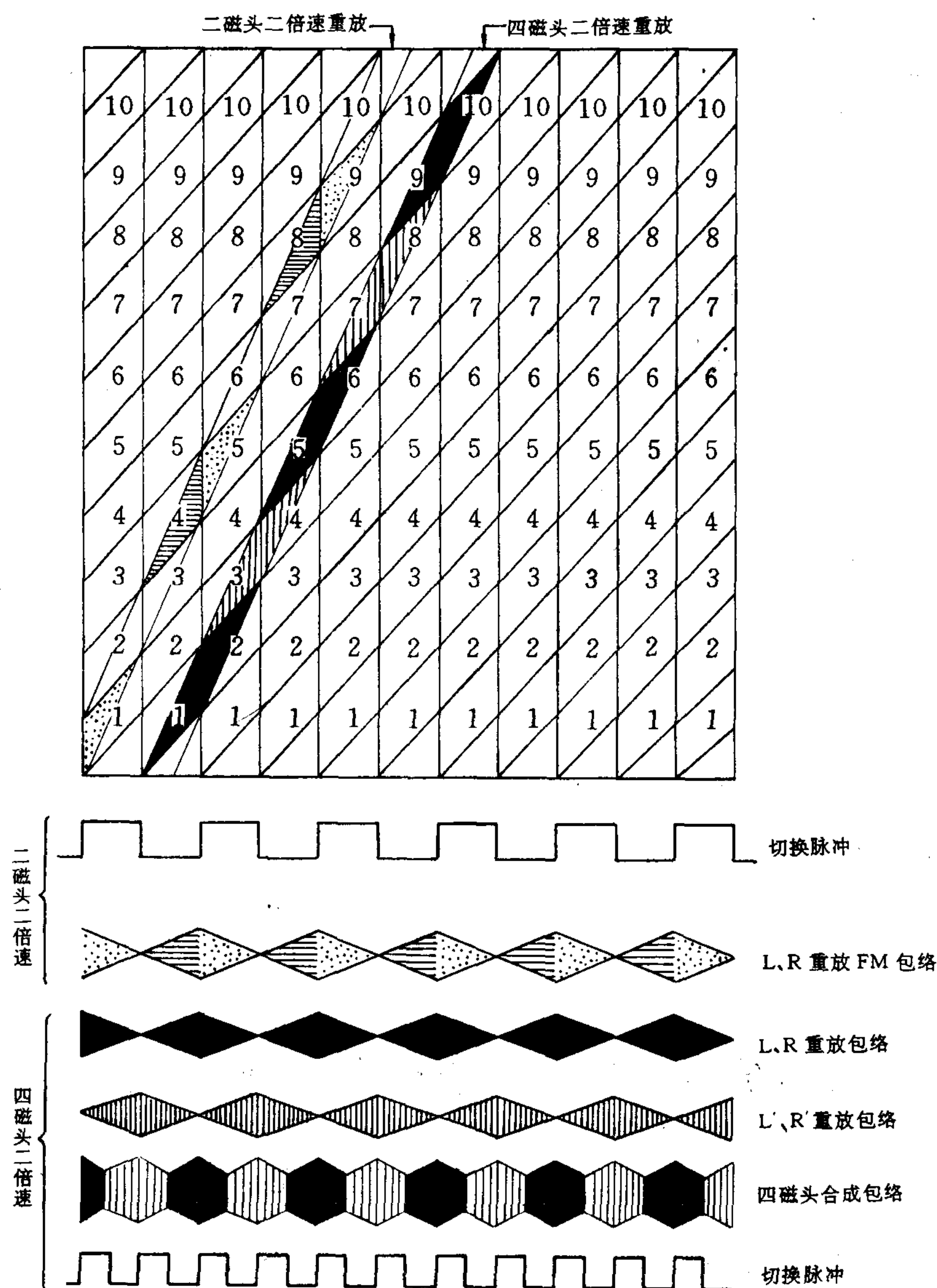


图 4—38 倍速重放包络

重放出来。两磁头经过磁头切换脉冲选择形成菱形的包络电平。在信号电平太小时将会出现噪声。如果包络电平太小，场同步信号太弱则用以上提到的方法用模拟场同步信号代换。这样可以看到稳定而又有噪声带的图像信号。在特技重放期间由于走带速度变化使得合成矢量变化，为了保证行频的稳定，所以磁鼓的转速也要有微量的相应变化，这里就不加以仔细分析了。

如果采用四磁头则可以完成无噪波带的特技重放。在图4—38中可见L、R磁头，L′、R′磁头可以分别得到交错的菱形FM包络。为了获得良好图像信号，必须适当地选择磁头切换信号。此时，由鼓PG形成的切换信号最多只能用于形成模拟场同步信号。而FM包络的切换如果是二倍速则须切换二次。组合起来呈六边形排列形成完整的FM包络。

2. 快速搜索模式

见图4—39，为了绘图方便我们仅分析三倍速反向搜索的状况。所谓反向搜索是走带量在位形图上随时间在纵轴上向负向增长。其速度即为搜索速度，为了绘图方便我们以三倍搜索速度为例加以说明。所谓三倍速是指在一场中走带量移动相当于正常的三倍。四个磁头拾取的FM包络分别成为菱形交错排列。搜索时由磁头切换脉冲来选择FM信号的输出。切换脉冲的形成一般采用对FM包络进行检波、放大，进行幅度鉴别产生。该脉冲控制磁头放大器只能选择幅度大的FM信号输出。这种方法对于各种速度的特技重放具有通用的意义。

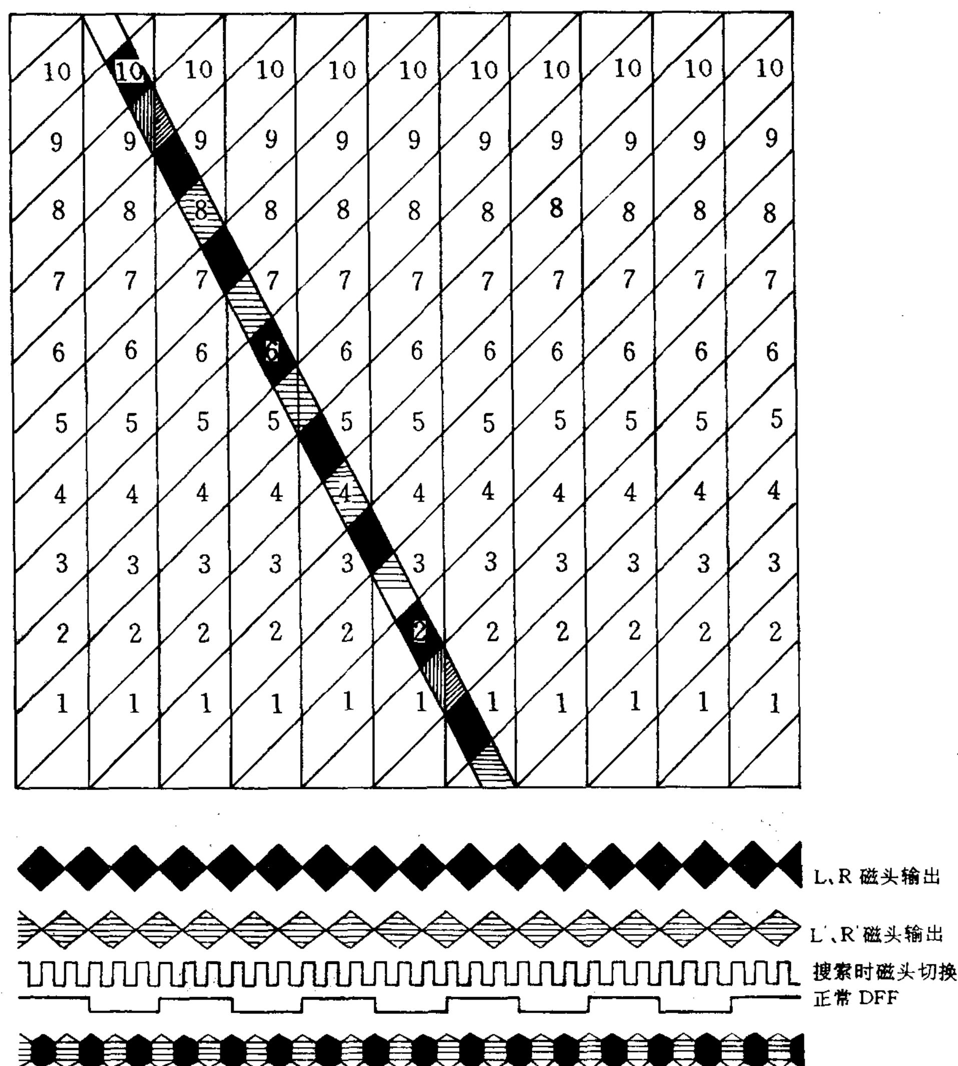


图4—39 四磁头搜索时包络电平

第五章 音频系统

5.1 概 述

我们知道，录像机是一种集图像和音响功能为一体的设备。音频系统是其信号记录系统的重要分支。其功能主要是完成对电视信号伴音或直接输入音频信号的记录和重放。由于，录像机音频系统与录音机的功能非常相似，所以，录像机在采用旋转磁头及相应信号处理系统解决了视频信号的记录之后，对于音频信号的记录仍然大体上沿用了与录音机一致的工作方式。例如：均使用固定磁头（新型的Hi－Fi型已使用旋转磁头），纵向磁迹，采用交流偏磁直接记录，并且电路组成也基本相同。但是，录音机是单纯作为一种音频记录设备。而录像机不言而喻是一种以视频记录为主的设备，其音频系统作为辅助电路，必然受到录像机整机功能和开发过程的影响和约束。所以，它与录音机音频电路有些差别，具体表现在以下几点：

① 不设机内话筒和扬声器。这是由录像机的使用特点决定的。录像机一般都是作为音视系统的中间环节，使用时还要配合其他设备，如监视器（或电视机）、摄相机和其它录像机等。输入信号除了可以通过电视天线及机内高频调谐器直接接收电视伴音信号外，一般都由线路输入端子接收其它设备送入的音频信号。为进行现场同步录音或后配音操作，配有专门的外接话筒插座。放音时，则由输出端子输出一定电平的音频信号，直接与监视器或电视机的音频输入插座相连，由外接设备进行功放、音量控制和放音。

② 录像机有两个消磁磁头。一个是消音磁头，只消去磁带上记录的音频磁迹；一个是全消磁头，用于对磁带上的全部信号（包括视频信号、控制信号、音频信号）进行消磁。两个消磁磁头的消磁电流，均由音频系统的偏磁振荡电路提供。

③ 具有静噪功能。录像机处于图像快速搜索、倍速重放、静像等特技状态及磁带加载过程中，为了防止噪音及失调声音的出现，录像机均设有音频静噪功能。

④ 音频信号需与视频信号保持同步关系，即要求所谓“口形同步”。如果音频信号与视频信号之间出现时间差，那么话音和其讲话的口形不一致。因此，音频磁头和视频磁头的距离必须有严格的标准距离，保证不同机器记录在磁带上的视频信号和相应伴音信号的磁迹位置是完全一致的。否则不同机器记录的磁带，用不同机器重放，其声音和图像将出现时间差。在磁迹位形标准中，用“X”值表示音频磁头和视频磁头的位置关系。根据IEC标准规定：在VHS型机中，该值为79.244mm。在整机调整线上，一般用标准带加以精确调整。

⑤ 录像机音频系统和视频系统共用一套走带系统及一条磁带。这样，一方面高精度的走带机构和高性能的视频磁带，有利于音频信号的记录；另一方面则由于高密度记录的需要和记录磁迹的位形规定，录像机采用了较低的走带速度和较窄的磁迹，这就在很大程度上限制了音频频响和信噪比两项指标的提高。在VHS型机PAL制式工作状态下，其带速和磁迹宽度均为录音机的一半左右。所以，尽管录像机音频磁头的材料及制作工艺不断改进提高，但是，目前家用录像机音频频响达到10kHz已相当困难，其信噪比也仅在40～45dB附近。与录音机音频频

响一般在 16kHz 以上及信噪比达 50dB 以上相比，均有一定差距。

为满足人们对高质量音响欣赏的需要，近几年已开发出一种高保真(Hi－Fi)型录像机，其中采用了旋转录音磁头和调频记录方式，从而克服了传统记录方式所遇到的上述障碍，大大提高了录像机音频记录的各项指标。由于成本的原因，该技术目前仅限制在高档录像机中采用。(详见后面有关章节介绍)。

⑥ 录像机音频电路的电气环境较录音机电路要恶劣、复杂得多。录像机中，各功能电路很多，有视频电路、系统控制电路、伺服电路、射频电路等，这些电路均安排在一个狭小的空间内，其中音频电路和其它电路往往就装在同一块印刷电路板上，因此，要注意防止线路间的相互干扰。例如线路板接地点及走线的设计都应加以周密的考虑。特别是对于安置在机芯内的音频磁头，由于其本身是电磁敏感器件，如何防止周围的电磁干扰尤为重要。在录音机中，是利用盒式磁带中的金属屏蔽片，对磁头工作面加以屏蔽。而在录像机中，由于走带机构的限制，无法采取类似措施，使得录像机音频磁头的前方基本是开放的，所以，应避免在音频磁头附近放置具有强电磁干扰的电路，特别要注意防范鼓电机和主导电机的电磁干扰。

5.2 音频系统的组成

录像机的音频系统由音控磁头、消音磁头、全消磁头、音频录放电路等组成。音频系统的组成及其各磁头的位置如图 5—1 所示。

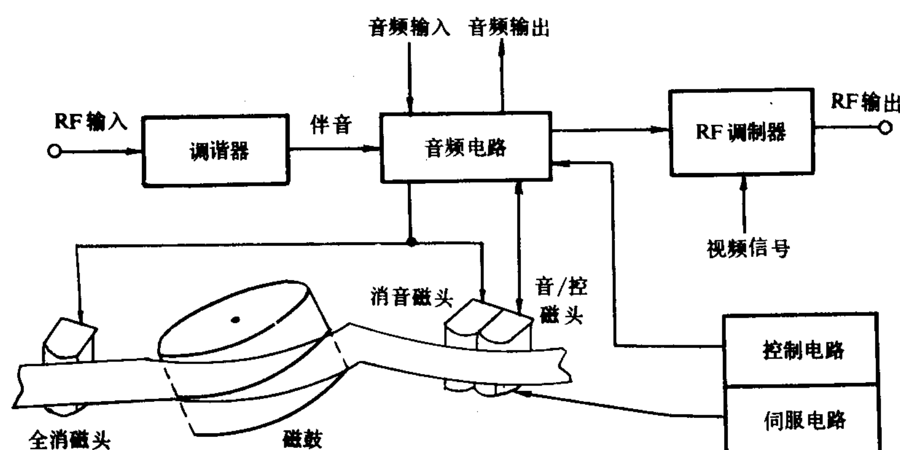


图 5—1 音频系统方框图

音频系统配置有固定式音频录放磁头，有单声道和双声道两种，一般多为单声道式。该磁头与控制信号录放磁头制成一体，统称为音控磁头。其中，音频磁头位于上部，控制磁头位于下部，分别将音频信号和控制信号记录在磁带的上下边缘，即视频磁迹区的上下两侧，磁迹呈纵向分布。通常，音控磁头又与消音磁头组装在一起。消音磁头位于左侧，并一起安装在一块可供调整磁头方位角的底板上，称为音控磁头组件，有时亦称为 ACE 磁头。该组件设置在磁鼓与主导轴之间。其外形及记录磁迹位置见图 5—2。

全消磁头位于磁鼓左侧，在磁带进行重新记录之前，用以消除整幅磁带上的所有信号，因此，全消磁头的消磁范围应覆盖全部磁带宽度。全消磁头的消磁信号一般由音频电路的偏磁振荡电路供给，其信号频率为 70kHz 左右。

录像机音频电路录制信号的来源有三种：一是直接从音频输入插座输入的，从另一录像机送来的音频信号；二是接收电视台发射来的伴音信号（由录像机内设电视调谐器接收并解调出的伴音信号）；三是在有话筒插口的机型中，可以录制摄像机话筒得到的现场声音或是后配音话筒的输入信号。

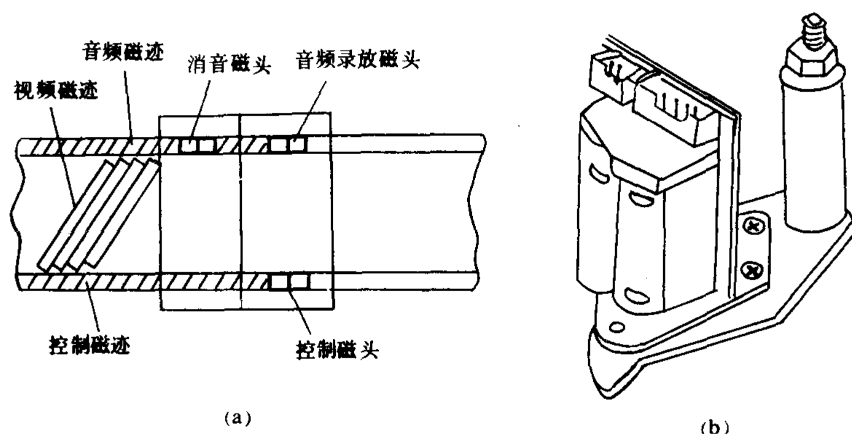


图 5—2　音控磁头组件及磁迹图

录像机的声音输出有两个途径：一个是直接由音频线路输出插座输出音频信号，其电平一般为－6～－10dB，供两机复制磁带节目用，或供有 AV 输入端的监视器或电视机用；二是将重放的音频信号同视频信号一起送到射频变换器中，调制到某一电视频道的射频信号上去，供一般电视机经天线插座输入。

音频录放电路一般由线路放大器、记录放大器、自动电平控制电路及偏磁振荡电路等组成。电路录放状态及其它功能的切换，均由无触点电子开关执行，各电子开关的控制口接至控制电路的相应接口。

音频录放信号的流程如图 5—3 所示；

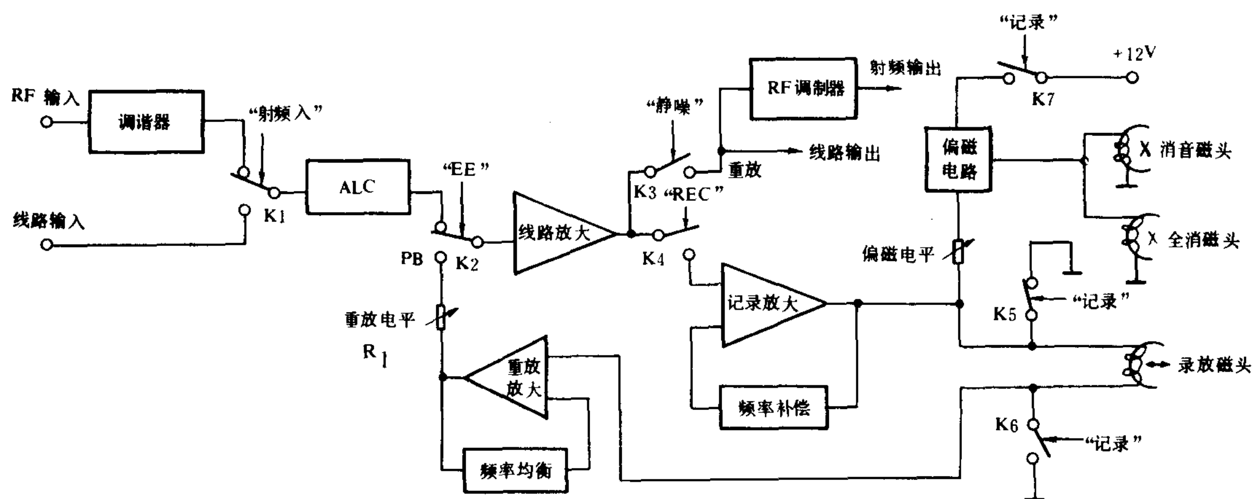


图 5—3　音频系统框图

音频系统有三种工作状态：

① 电—电(E—E)工作状态：只要录像机打开"VTR"开关，音频电路就处于所谓"E—E"状态。这时，输入的音频信号经输入选择开关 K2 进入线路放大器，经静噪开关 K3 送出，然后就输送到线路输出插座，同时也供给射频变换（调制）器，经调制后，由射频输出口输出。在录像机的记录状态时，该通路也处于同样状态。所以，与监视器或电视机相连后，可以进行记录监听，也可以与另一台录像机相连，进行串联记录。因该路信号未经电磁转换处理，所以，在专业术语

中称之为电—电(E—E)信号。

② 记录(REC)工作状态：记录状态时，音频系统先经K1选择，输入线路音频信号或电视调谐器送来的伴音信号，然后，由自动电平控制(ALC)电路对输入信号电平进行监控，使音频信号保持在一限定的电平之下。再经开关K2进入线路放大器。放大后的信号一路作为"E—E"信号由线路输出(音频输出)插口输出，一路则经开关K4送入记录放大器。在这里，信号在被放大的同时进行记录前的频率补偿，最后与偏磁信号一起送到音频录放磁头并变为磁信号记录在磁带上。此时，由"记录(REC)"控制信号分别控制磁头开关K5、K6的开合，使记录信号通过磁头并构成回路。偏磁开关K7也受控接通＋12V电源，使偏磁振荡器进入工作状态，将偏磁电流送至记录磁头。偏磁信号电平由电位器R2进行调整。

③ 重放(PLAY)工作状态：重放状态时，由音频磁头从磁带上拾取信号，磁头开关K5、K6反向切换，信号由音频磁头下行线送入重放放大器，在放大的同时进行重放频率补偿，由电位器R1调整重放电平后，送至选择开关K2；这时，K2置于PB端，信号经K2送入线路放大器，放大后经开关K3输送到线路输出端和RF调制器。

在重放开始阶段及特技重放状态(例如图像搜索、倍速重放和静像等)，为防止噪声和不正常声音的出现，控制系统将通过"静噪(MUTE)"控制信号把K3打开，切断了音频信号的输出通路。

5.3 音频磁头组件及全消磁头

音频磁头组件是音频电路的关键部件之一，其质量的优劣对音频电路主要电气指标有直接的影响。目前，各录像机机型所用磁头的参数均不完全相同，故在选用及更换音频磁头时应加以注意。典型音控磁头组件的电气性能见表5—1。

表5—1　音控磁头组件电气性能

	项　目	指标	测试条件
录放磁头	阻　抗	1.5kΩ	1kHz，100μA
		60kΩ	70kHz，100μA
	录放灵敏度	－79.5dBv	
	录放频率特性	－9.5dB	5kHz/1kHz
	感应噪声	<－80dBv	50Hz，30e
控制磁头	阻　抗	970Ω	1kHz
	读出功率	>1.3mV$_{P-P}$	
消音磁头	阻　抗	34Ω	70kHz，1mA
	消磁电流	180mA	

其中，音频磁头的交流阻抗是一个重要的技术参数，它不仅关系到磁头与电路的匹配，还在很大程度上决定着磁头的灵敏度，以及频率校正网络参数。一般来说，磁头阻抗高，录放灵敏度也高。但在录音时需加较大的高频补偿，所以不容易获得良好的补偿，而且高阻抗磁头更容

易产生感应噪声。因而一般多采用中阻抗磁头。另外，根据音频磁头在超音频频率下的阻抗，可以大致判断磁头材料的优劣。在超音频情况下，涡流损耗高的磁头材料将导致有效电感下降，即表现为交流阻抗较低。超音频阻抗高的磁头，其涡流损耗低，所需偏磁电流将低于低阻抗磁头。

组件中的抹音磁头，其主要用途是在后配音时，抹去音频磁迹上的音频信号，以便为原有图像配上新的伴音信号。但是，目前大多数不具备后配音功能的录像机中，也设置有抹音磁头，并与全消磁头同时工作，以提高消音效果。它们之间的连接方式，各机型根据两磁头参数的情况，分别采取串、并联方式。在单放机中，因无需消磁功能，此处仅用一模拟(假)磁头代替。

全消磁头多由铁氧体材料制作，有单缝隙和双缝隙两种型式。全消磁头的消磁电流较大，约在 150mA 左右。全消磁头一般都与消音磁头及偏磁电流使用同一偏磁振荡器。近来，也有采取为全消磁头单独配置振荡器的作法，以提高全消效果，也便于在后配音时，对其单独进行控制。

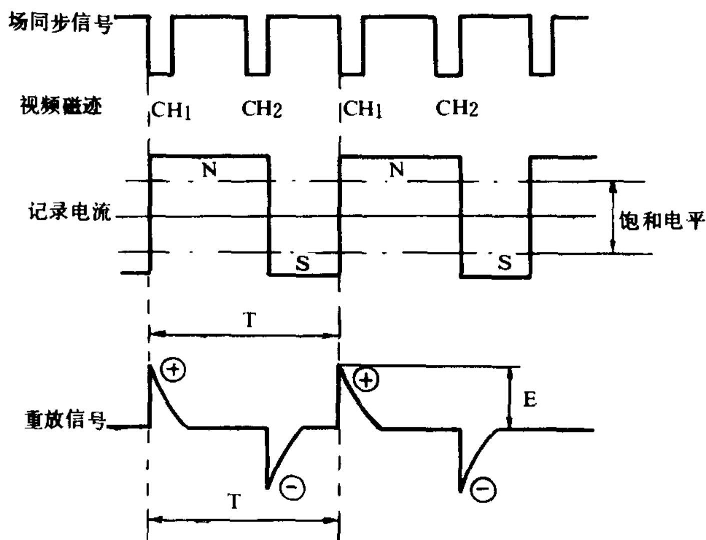


图 5—4　控制信号的波形和极性

音控磁头的下部是用于记录控制信号的控制磁头，其磁头缝隙中心与音频磁头中心是重合的。所以，录像机中利用精确调整控制磁头拾取同步脉冲的位置，来确定音控磁头组件位置，保证录像机的音像同步要求。控制磁头的引线端是有极性的，在连线时应予以注意。按 IEC 标准规定，当控制信号为正极性时，控制磁头靠近磁鼓侧的磁极应为 N 极。这样，统一了控制信号脉冲前沿所对应的记录信号的极性，保证了录像机的互换性。控制信号的波形和极性如图 5—4 所示。

5.4　自动电平控制(ALC)电路

ALC(AUTO　LEVEL　CONTROL)电路的作用是使在输入信号的大幅度变化时录音放大器具有适当的输入电平，以保证强信号输入时不至引起过载失真，而对弱信号又具有足够的灵敏度。

一般说来，线路放大器的动态范围是足够的，ALC 电路主要是对大范围变化的音频信号进行适当压缩，以保证磁带的动态范围。为了不丢失弱信号，一般压缩强信号。

ALC 电路常采用旁路式，典型电路如图 5—5 所示。

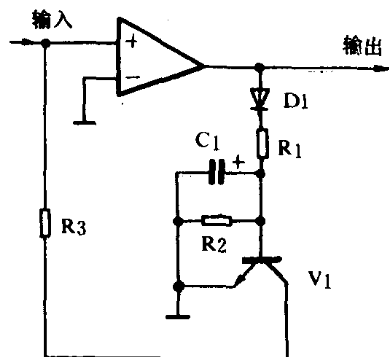


图 5—5　ALC 电路

如图所示，当信号处于正常幅度时，D1 不导通，V1 截止，无信号旁路作用，故 ALC 电路不起作用，输入信号经放大器直接从输出端输出。如果输入信号过大，放大器输出端的信号幅度增加，将使二极管 D1 导通，并将给电容 C1 充电，当充电

电压升高到晶体管 V1 的导通电平时，V1 将导通，通过接在集电极上的电阻 R3，对输入信号分流，从而使输入到放大器的信号电流幅度下降，最终限制放大器输出端的信号电平幅度。

ALC 电路特性分为静态特性和动态特性，如图 5—6 所示。

所谓静态特性，是指电路对输入信号电平的输出响应特性。动态特性是指控制电路的时间响应特性，即启动特性（信号突增）和恢复特性（信号骤减）。图 5—6(a)所示的 ALC 静态特性中，由于采取了动态范围压缩措施，因而对高于某电平值（A 点）的高电平信号，输入输出特性不再是线性关系，而是呈非线性关系（即输出电平不随输入电平成线性而增大）。A 点的电平值就是 ALC 的起控电平。起控电平高，重放输出信号强，有利于信噪比的提高，但磁带在大信号时易饱和，会增大录音失真；起控电平选得低些，可兼顾失真和信噪比。一般起控电平较磁带最高录音电平低 6—8dB 为宜。对应音频线路输入电平约在标称输入电平的＋0.5～1dB 处。

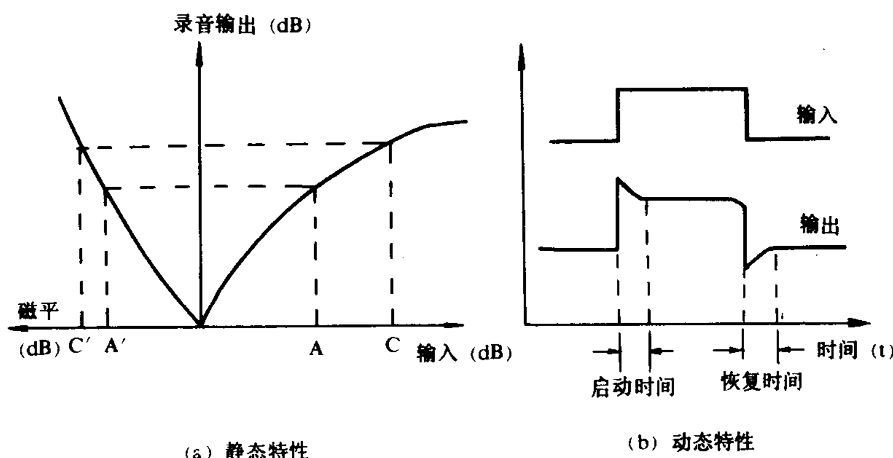


图 5—6　ALC 特性曲线

动态特性也称延时特性，见图 5—6(*b*)。它反映了电路跟随瞬变信号的能力。启动时间指强信号输入达到起控电平时刻与 ALC 电路开始起压缩作用的时间间隔；恢复时间指强信号过后录音电平复原所需的时间。通常启动时间要求较短，一般为几 ms 至几十 ms，以防过长造成强信号通过而产生失真。恢复时间则不希望过短，以防节目间隙（即无音频信号时）噪声增大，一般为几百 ms 至数 s。

录像机音频电路中的 ALC 电路一般已集成在集成电路内部，但是可通过外围元件对起控电平和延时时间进行调整。

5.5　偏磁及抹音电路

我们知道，待录音频信号是和一个等幅超音频偏磁信号（其频率约为待录信号最高频率的 4～5 倍以上）叠加在一起，合成复合信号送入磁头线圈中去进行记录，即所谓交流偏磁记录方式。加偏磁的目的就像晶体管加偏压使其工作在线性区的道理类似，是为了充分利用磁带剩磁特性线性区的一种方法。偏磁有两种方式，即交流偏磁和直流偏磁。直流偏磁虽然简单、经济，但失真较大，动态范围窄，待录信号幅度稍大或磁特性稍有变化就容易越出线性区引起失真。此外由于直流偏磁的存在，即便记录信号为零，磁带上的剩磁感应强度也不为零，因此重放时容易引起噪声。交流偏磁则使被录信号的正负半周（相当于包络）都能处于剩磁特性曲线的线性部分。所以交流偏磁记录方式具有非线性失真小、噪声电平低、输出幅度大的优点。在偏磁记录方式中，偏磁电流的大小对录音性能（频响、失真和磁平）的影响极大，其相互关系见图 5—7。

由图可见，偏磁电流逐渐加大时，录音失真迅速减小并趋于恒定；录音磁平除在某一点有最大值(取决于录音信号的频率及磁带特性)外，左右呈下降趋势；录音信号频率越高，其磁平下跌越甚。即对高频频响影响大。由于这三项指标相互牵连，因而正确地选取偏磁电流的大小是获得音频电路最佳电气性能的关键步骤之一。

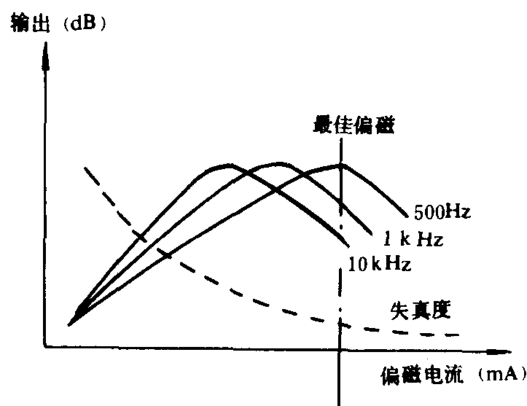


图 5—7 偏磁电流大小对录音性能的影响

目前家用录像机均采用单管振荡电路做为偏磁振荡器。图 5—8 即为偏磁振荡器代表性电路之一。

该振荡器既为录音头提供偏磁电流，又为全消磁头和消音磁头提供消磁电流。因此要求振荡器有一定功率裕量，使振荡处于轻负载状态，以便使振荡波形失真小，稳定性高。这里，采用优质、高效的偏磁振荡变压器是很关键的。

该电路属电感三点式振荡器。晶体管 V1 为中功率振荡管。电容 C1 除提供基极交流通路外，还与电阻 R1 配合产生自给反向偏压。C1、R1 的时间常数大一些好，可以提高振荡稳定性，但也不可过大，以防止产生间歇振荡。C2 与 T1 初级电感构成初级谐振电路；C3 与偏磁变压器次级电感及音消磁头线圈构成次级谐振回路，谐振于选定的偏磁振荡频率。C4 为隔直耦合电容。VR1 为偏磁电流调节电位器。为减弱振荡回路对录音电流的分流影响，需要在这里采用高阻值电位器。为保证仍能供给录音磁头较大的偏磁电流，在设计时，偏磁变压器的次级输出电压都较高，约在 $200V_{P-P}$左右。为稳定工作点及减少失真，在晶体管发射极接入一反馈电阻 R2(约 10Ω 左右)，此电阻加大时会使振荡输出幅度有所降低。

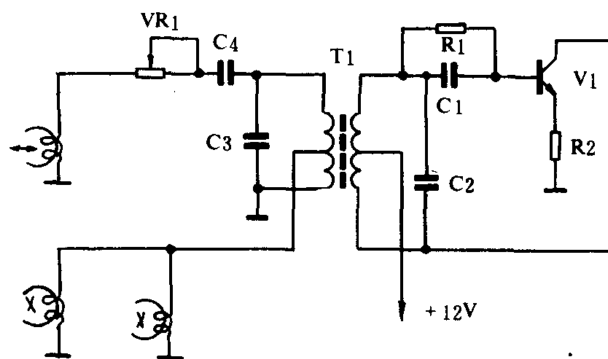


图 5—8 偏磁振荡器电路

5.6 频率补偿(校正)电路

由于录像机在录放音过程中存在着各种损耗，放音时磁头还存在着 6dB/oct 输出特性，所以在录音机音频系统中必须接入频率特性补偿电路，对录放过程中的各种高频损耗和 6dB 上升特性进行补偿，才能得到平坦的音频录放频率响应特性。其补偿是分别在录音和放音时进行的。在录音时，主要是补偿高频部分，稍作低频补偿；放音时则进行大幅度低频提升和适当的高频补偿。这是因为如果在录音时进行大幅度的低频提升，将使低频信号进入磁滞回线的饱和区，造成低频信号非线性失真加大。所以在放音过程进行低频提升比较有利。另外，低频提升相当于高频相对衰减，可压低高频范围内的磁带噪声，有利于提高信噪比。若在放音放大电路进行大幅度高频提升，则高频范围的磁带噪声、录音放大电路噪声、放音电路预放器噪声等都到大幅度提升，这会引起信噪比的恶化；而由录音放大电路进行高频补偿，提高音频信号的高频端电平，有利于提高信噪比，所以在录音电路进行高频补偿比较有利，频率补偿的分配如图

5—9 所示。

如果不进行任何补偿，其录放特性如图中未补偿的综合特性所示，其低频及高频端都会显著下降。如果采用适当的录音、放音补偿，则其录放特性就如图中已补偿的综合特性所示。显然，其频响曲线已经补偿得相当平坦了。

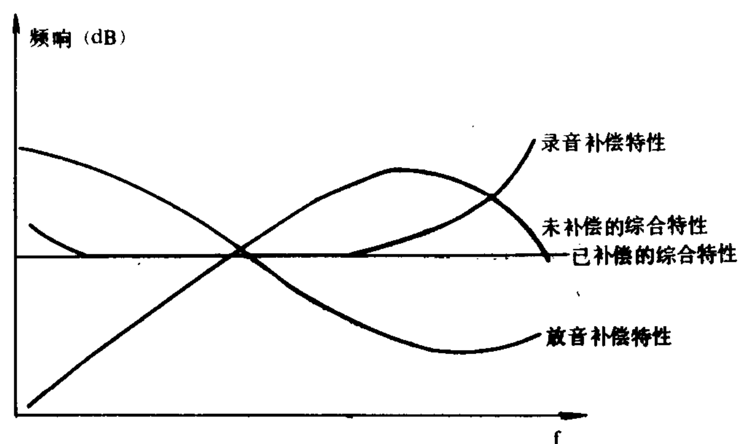


图 5—9　频率补偿分配图

典型的放音均衡(补偿)网络如图 5—10(a)所示。该网络的低频时间常数为 R1C1，高频时间常数为 R2C1。

由于时间常数为已知量，一般很容易确定均衡网络的元件参数。但在实际应用中，往往也根据磁头和线路的具体情况，对曲线的第一转折频率(即低频时间常数)，和第二转折频率(即高频时间常数)加以必要修正。但要注意，上述均衡网络是指采用于反馈支路中而言的，如果直接串接在通路中，则其特性刚好相反。不过在录像机或录音机中，一般都把放音均衡网络接在放音预放器(前置放大器)的负反馈回路中，见图 5—10(b)。该电路的负反馈量 P 由下式决定：

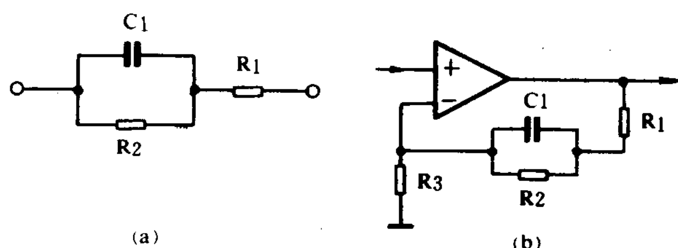


图 5—10　放音均衡网络

$$P=\frac{R3}{\frac{Z_{C1}\cdot R2}{R2+Z_{C1}}+R1} \tag{5—1}$$

低频时，C1 的容抗 Z_{C1} 很大，C1 和 R2 的并联值近似等于 R2，反馈量最小，使得放大器增益最大。随着频率的升高，反馈量增加，放大器增益减小，当 C1 容抗等于 R2 时，即到达第一转折频率，频率继续升高，负反馈量呈＋6dB/oct 上升趋势，直到 C1 容抗等于 R1 时，到达第二转折频率。若频率再升高，放大增益频率特性曲线趋于平缓，这样便使放音预放器具有需要的低频提升特性。

图 5—11(a)为典型的录音补偿网络。这里主要由 L、C 组成串联谐振网络，R1、R2 用以调节补偿量。

该网络作为录音放大器的负反馈回路，如图 5—11(b)所示。电路的频率补偿特性见图 5—11(c)。

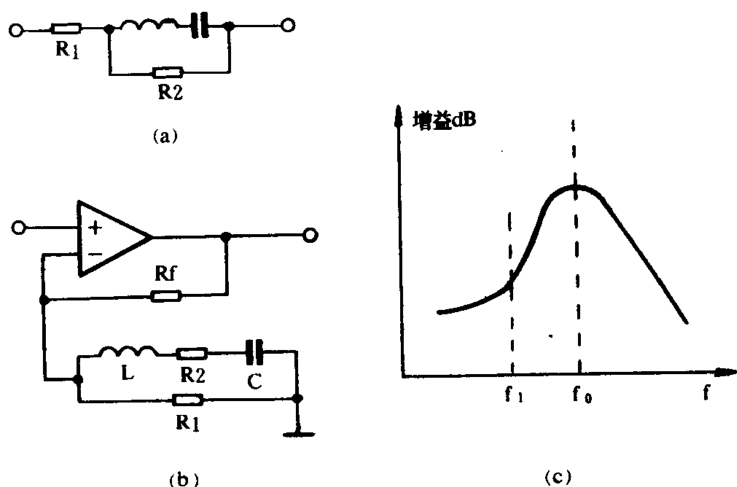


图 5—11　典型的录音均衡网络及其特性

显然，在低于起始补偿频率点 f_1 的频段，放大器的增益仅由 Rf 和 R1 决定。而在 f_0 以上的频段，具有由 LC 串联谐振网络参数决定的提升特性。适当改变网络的参数，便可方便地对输出频率特性曲线进行调整。一般有以下几种情况：

① 在 R1 和 Rf 不变的情况下，改变 L、C 的值（但保持 L·C 乘积不变，即谐振频率不变）对曲线的影响，如图 5—12(a)所示。其 f_0 处峰值基本不变，而曲线的频率宽度则发生变化。

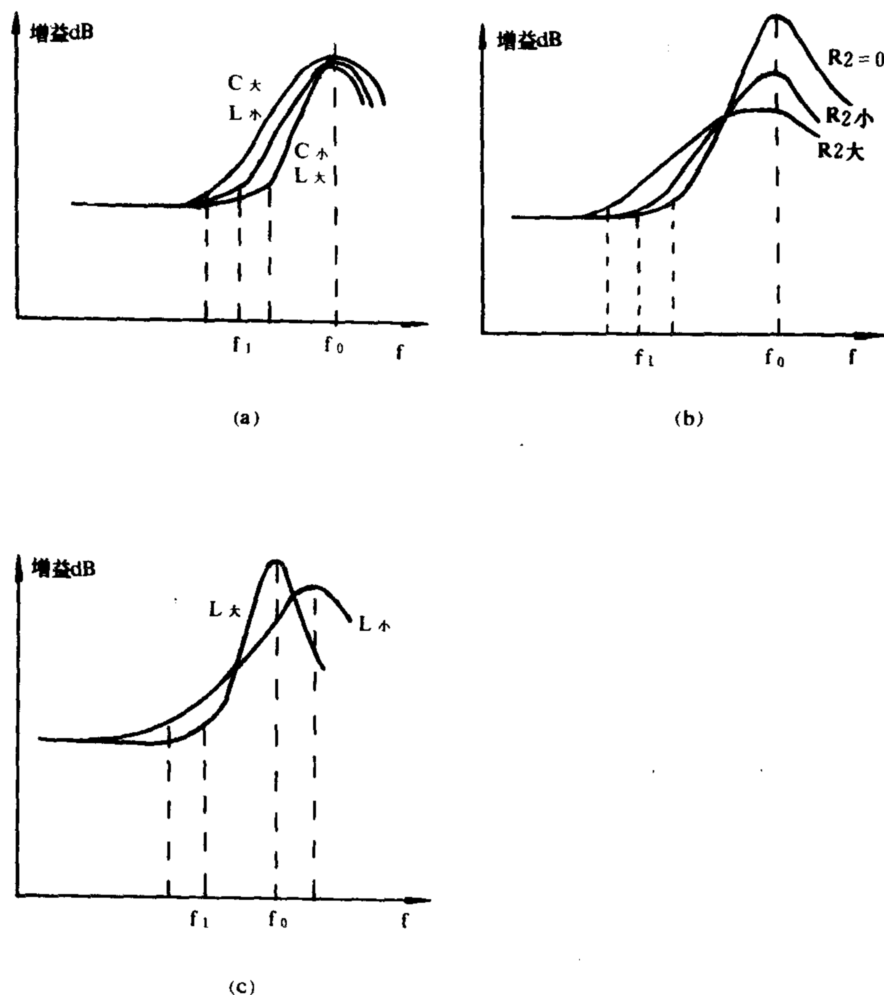


图 5—12　网络参数对曲线的影响

② 串联谐振电路中 R2 对曲线的影响见图 5—12(b)。显然，R2 越大，放大器在频率 f_0 处的放大倍数越低。

③ 只调整 L 时对曲线的影响，见图 5—12(c)。当改变 L 时，由于谐振点变化曲线的 f_0 峰值也随之移动，L 越小，f_0 峰值频率越高。

目前，家用录像机除正常重放外，多已设置慢录和慢放功能(LP)，由于带速的大幅度降低，对录放系统的频响特性会带来很大变化。为此，一般要通过电子开关对均衡网络的参数进行调整，以保证慢速运行时，保持良好的频响特性。

5.7　典型音频系统电路实例

音频信号录放电路的基本要求是结构简单、可靠性高、增益高和噪声低。经多年发展至今，其基本结构已趋于稳定，多采用单片集成电路形式。图 5—13 是目前较流行的一种音频电路

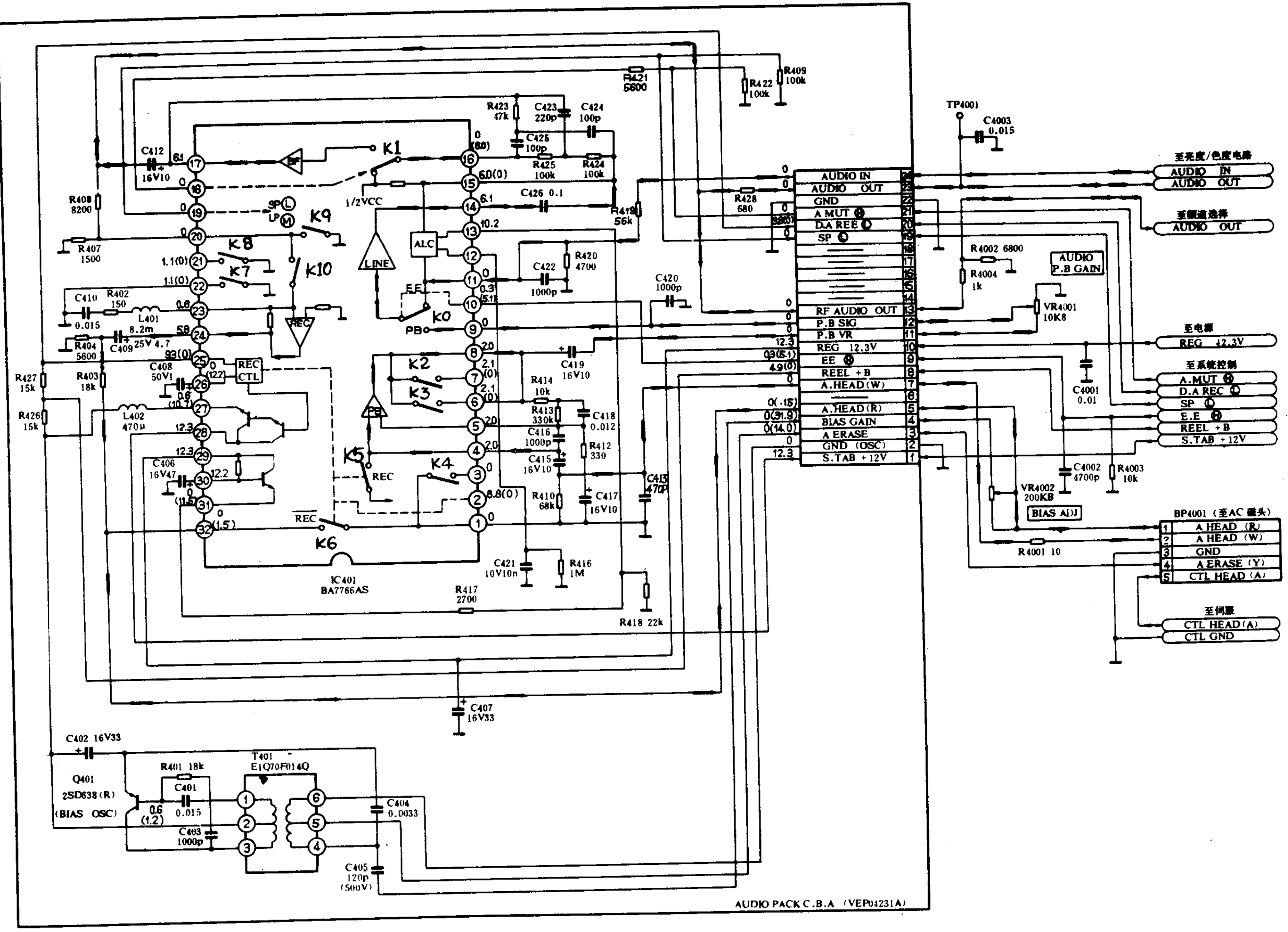


图 5—13 音频电路实例(松下 NV—G30)

(松下 G30 机的)实例。此电路主要是由集成电路 BA7766AS 构成。它增加了一组录放磁头转换开关和偏磁振荡器电源供给开关,以及一个 SP、EP、LP 三态控制接口,使电路更加紧凑、功能更强。偏磁振荡器是由 Q401 和偏磁变压器 T401 构成的,它供录音和消音时使用。下面简述一下其工作原理和信号流程。

5.7.1 记录状态

记录时,从音频输入插口或电视调谐器送来的音频信号,端子板第 24 脚引入经衰减后送入 BA7766AS 的⑪脚,经 E—E 开关 K0 送至线路放大器,放大后,由⑭脚输出。该线路放大器带有自动电平控制(ALC)环路,对输入信号电平进行控制,防止记录信号过大而引起饱和失真。一般输入端起控电平在—5.5dBm 左右。此后,信号分成两路,一路由 C412 送到射频调制器和音频输出插座,供监视器使用。一路则经 R408 送到⑳脚,经 K10 至记录放大器,放大后,从㉔脚输出送至录放磁头。同时,偏磁振荡器输出的偏磁信号经 C405、可变电位器 VR4002 也加到音频录放磁头上。记录放大器输入端㉓脚外接有录音均衡网络,由 L401、R402、C410 组成,用以提升高频,以补偿录放过程中的高频损耗。

此时,控制电路送来的几路控制信号,均送至相应接口。当高电平的"E—E"控制信号送至⑩脚时,切换电子开关 K0 接通"E—E"侧,接通音频信号的输入通路。实际上,录像机开机后,该控制信号即是高电平,即已接通音频的输入、输出端通路,使录像机处于所谓"E—E"工作状态。另外,还有来自系统控制的低电平的"延时音频记录(DA REC)"信号送至㉕脚,接通记录控制电路。从㉗脚输出+10.7V 电压至偏磁振荡电路,使其开始工作。同时,该控制信号使㉜脚与①脚间的电子开关 K6(低电平记录)开路,及④脚内的电子开关 K5 接地,这样,将录放磁头的通路构成记录状态。通过调节 VR4002,可调整偏磁电流值大小。

5.7.2 重放状态

重放时,由音频磁头从磁带上拾取的微弱信号由④脚输入;输入回路中,C413 与磁头线圈构成并联谐振回路,可对重放信号通路的高频频响进行适当补偿。从④脚输入的信号再送入重放放大器,该放大器外接有由 C418、R413 和 R414 组成的频率均衡网络。这里主要是对低频进行提升,以便获得平坦的频率特性。放大后的重放信号从⑧脚输出,经 VR4001 调整电平后,再送入⑨脚,经电子开关 K0 送至共用线路放大器,放大后,由⑭脚输出,分别送至 RF 调制器和音频输出插座。进入重放状态,各控制信号均置于相应电平(见表 5—2),控制各有关电子开关,使整个音频电路处于重放状态。其中,"静噪"(A MUT)控制信号(加至⑱脚)在需要静噪时,跳至高电平,控制⑯脚内开关开路,阻断音频信号通路。此处接有一个 RC 双 T 桥式网络,具有带阻滤波特性,用以滤除串扰到输出通道的偏磁振荡信号及高频噪声。

表 5—2　　控制信号电压值

IC 引脚号	10	16	25	27	15
重放时电压(V)	0.3	0	9.8	0.6	6
记录时电压(V)	5.1	16	0	10.7	0

5.8 高保真(Hi—Fi)音频系统

5.8.1 高保真音频系统的特点

最近，在家用录像机中出现了一种高保真音频系统。这种系统能够录放音质极好的音频信号，使家用录像机图声并茂，锦上添花。具有高保真性能的录像机，必须保持原有录像方式的全部标准，以便与原有录像方式兼容和互换磁带，同时必须具有优良的音频信号指标，达到目前高保真音响设备的水平。为了满足上述两个要求，新型录像机设计了 Hi—Fi 音频系统，Hi—Fi 系统采用了以下新的记录方法和技术。

1. 用旋转磁头记录和重放音频信号

在普通的录像机音频系统中，如上面讲过的那样，采用像录音机那样的固定磁头录放音频信号。由于家用录像机走带速度较低，故此限制了录放音频信号的指标和质量。但是录像机具有一个录音机没有的特殊条件，即具有一个录放视频信号的旋转磁鼓。旋转磁鼓大大提高了磁头、磁带的相对速度。VHS 录像机的磁头、磁带相对速度是 4.87m/s，这比起走带速度最高的专业用录音机，带速 76cm/s 高出很多，所以完全可以满足录放高保真音频信号的要求。旋转磁头还具有抖晃率极小的优点，这也为实现录放高保真音频信号提供了良好基础。因此，录像机的高保真音频系统就充分利用这个特点，采用旋转磁头录放音频信号，从而大大提高了信号的录放质量。

但是，采用旋转磁头录放音频信号时，也和录放视频信号一样会出现信号的连接问题。从图 5—14 可以看出，磁头 A 和磁头 B 交替地拾取磁带上记录的音频信号，这就需要用切换电路把它们连接成为一个连续的信号。因而在信号连接处会产生一种特殊的噪声——切换噪声。切换噪声对高保真音频系统的性能有重要影响。因此在高保真系统中都有补偿切换噪声的专门电路。

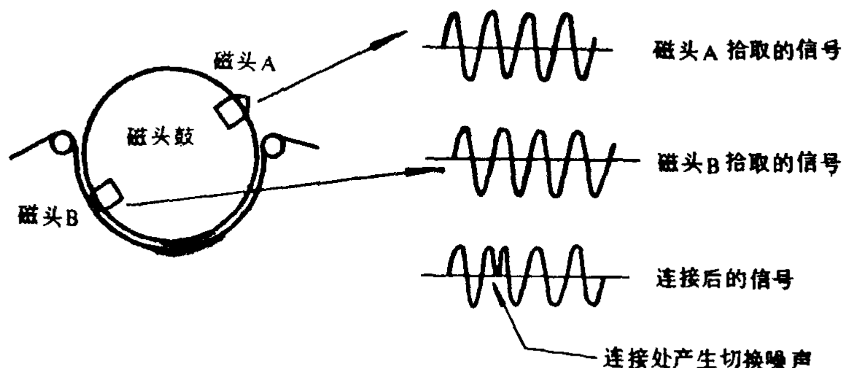


图 5—14　磁头切换噪声

2. 采用调频录音方式

在录像机的 Hi—Fi 音频系统中，不是直接把音频信号记录在磁带上，而是和图像亮度信号那样，把音频信号进行调频后再记录到磁带上。

进行调频记录的优点是可以根据情况选择调频载频，如图 5—15 所示，使音频调频载频处于色度信号和亮度信号的频带交接的空隙处，以便减少对视频信号的串扰。调频的另一个优点是与调幅相比，能得到大为改善的信噪比，并能用限幅的方法滤去噪声对幅度的影响。

3. 采用降噪电路

设计录像机 Hi—Fi 音频系统的主要目的是录放高质量的音乐节目。音乐节目的特点是，频率范围宽(大约是 20Hz 至 20kHz)；动态范围大(大约是 80dB 左右)。但是，在用磁带录放音

频信号时，往往达不到上述的要求。因为磁带在高频和低频时的输出较小，所以高频段的信噪比较差，且磁性录放动态范围也较小。因此为了得到高质量的录放效果，在高级录音机中要采用降噪系统来提高录放质量和加大动态范围。

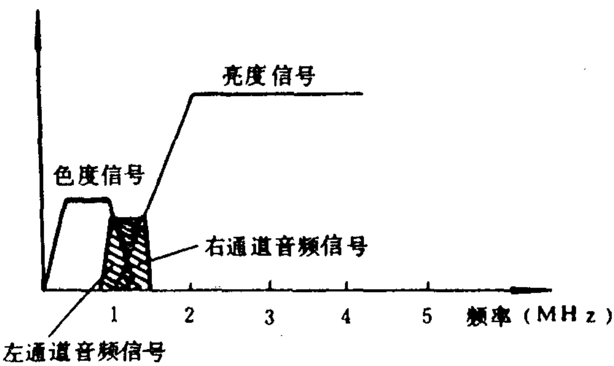
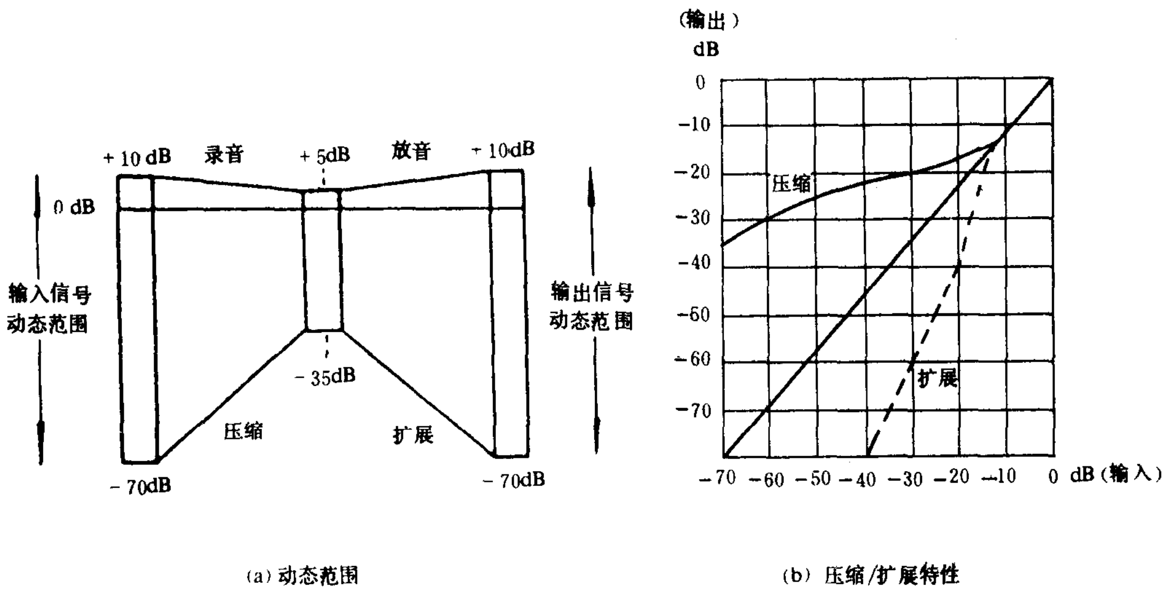


图 5—15 Hi—Fi 音频调频信号的频谱位置

同样，在录像机 Hi—Fi 音频系统中，也设有专门的降噪系统来提高信噪比和动态范围，以满足录放高质量音乐节目的要求。

录像机 Hi—Fi 音频系统中采用的是压缩扩展式互补型降噪系统，最常用的叫做杜比系统。其基本工作过程是：在录音时把信号进行全带宽压缩和高频加重；在放音时对信号进行全带宽扩展和高频去重，使最后重放出的信号与原信号一致，但信噪比和动态范围都得到了改善，其原理见图 5—16。



(a) 动态范围　　(b) 压缩/扩展特性

图 5—16 压缩扩展互补降噪系统原理

如图所示，在录音前对小信号进行压缩处理，只将小信号提升，例如图(b)中将－70dB 的输入小信号提升 35dB，成为－35dB；－50dB 的信号提升 25dB，成为－25dB；把－40dB 的信号提升 18dB，成为－22dB。这样，信号越大提升量越小，对－10dB 以上的大信号不作处理，使录在磁带上的小信号足以超过磁带的背景噪声电平，在这一过程中，输入信号动态范围被压缩了，见图 5—16(a)。放音时，对放音的信号做相反的处理(这里叫扩展，如图 5—16(b)中的虚线特性)，将原来提升的小信号再进行等量的衰减，使之复原。如把－35dB 的信号衰减到原来的－70dB；－20dB 的信号衰减到－40dB。这时放音中的背景噪声电平也同样被衰减。经过这样的处理后，放音中的噪声就降低了。这样分别在录音前和放音后对信号进行相反的处理，以达到抑制噪声的方法，叫做互补抑制法，这就是杜比系统所使用的最基本的方法。

在录放音频信号的通道中，VHS 方式 Hi—Fi 音频系统也保留了原有的固定磁头式音频系统，以便与普通 VHS 方式录像机在录放音频信号时有互换性。增加的一套 Hi—Fi 音频系统则专门来录放立体声高保真音频信号。

表 5—3 中同时列出了 Hi—Fi 音频系统与普通音频系统的指标和记录方式。

表 5—3　　Hi—Fi 音频系统与普通音频系统指标

项　目	规格或指标	
	Hi—Fi 系统	普通音频系统
记录方式	两载频调频记录方式	直接记录方式(交流偏磁)
中心载频频率	左 1.3MHz±10kHz 右 1.7MHz±10kHz	/
最大频率偏移	±150kHz	/
录放磁头	音频旋转磁头方位角±30°(一对)	固定磁头
频率响应	20Hz 到 20kHz	50Hz 到 10kHz
S/N	80dB 以上	45dB
谐波失真	小于 0.3%	小于 3%
抖晃率	小于 0.005%	小于 0.3%
通道隔离度	60dB 以上	/

从表 5—3 可以看出,VHS 方式 Hi—Fi 音频系统的指标远远超过了普通音频系统的指标。这样,随着 Hi—Fi 系统的出现,可以说家用录像机已经进入了"立体声音乐视频"阶段。

5.8.2 VHS 高保真音频系统的组成和工作原理

在 VHS 录像机中,色度降频信号与亮度调频信号所占据的频谱如图 5—17 上部所示。从图中可以看出两个信号频谱之间的空隙很小,因此若直接把载频为 1.3MHz 及 1.7MHz 的音频调频信号与上述两个视频信号混合在一起,用视频磁头同时记录,则必定会引起视频信号质量下降。为了避免影响视频信号的质量,VHS 方式 Hi—Fi 音频系统在磁头鼓上增加两个旋转音频磁头。音频磁头的方位角为±30°,与视频磁头的不同。记录时,音频旋转磁头首先接触磁带,把音频调频信号记录在磁带上,然后视频旋转磁头再接触磁带,把视频信号记录在磁带上。

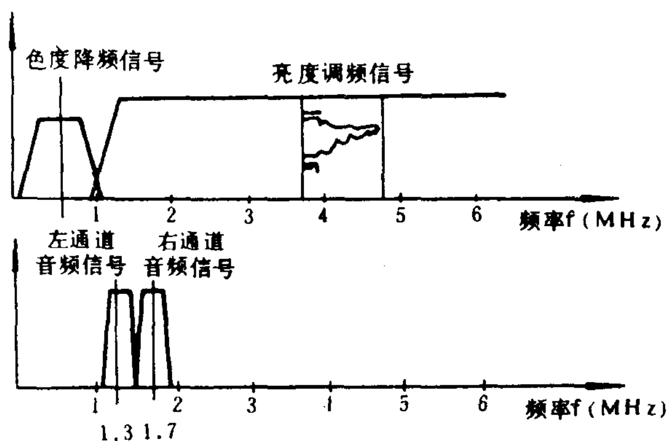


图 5—17　Hi—Fi 录像机频谱

音频信号与视频信号重叠记录在一条磁迹上。为了避免相互串扰和保证信号录放质量,采用了磁头方位角不同和分层重叠记录两个措施,其工作原理参见第二章的有关部分。

在 VHS 方式 Hi—Fi 音频系统中,规定了立体声音频调频信号的载频是:左通道为1.3

MHz，右通道载频为 1.7MHz，频率偏移为±150kHz。

VHS 方式 Hi—Fi 音频系统的方框图示于图 5—18 中。

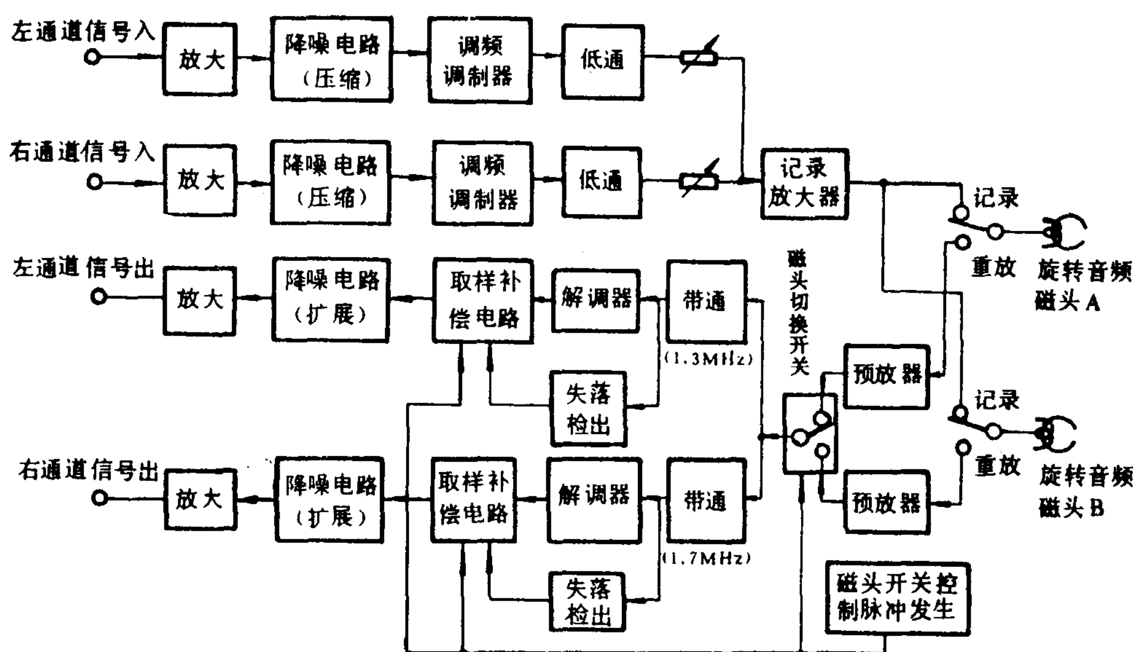


图 5—18 Hi—Fi 音频系统方框图

记录时，立体声两个通道的音频信号分别从各自的输入端输入，经过放大和降噪压缩电路以后送入调频调制器进行调频，随后经过滤波器滤掉不需要的频率成分。然后，两个通道的信号进行混合和放大，最后由旋转音频磁头变成磁信号记录到磁带上。

重放时，由两个磁头拾取的信号，首先分别由预放器进行放大，再由磁头切换开关把两个信号联接成为一个连续的信号。这个连续的信号分为两路，分别通过中心频率为 1.3MHz 和 1.7MHz 的两个带通滤波器，相应滤出左右两路音频调频信号。此后，两路信号的处理过程相同。首先由解调器把音频调频信号解调为音频信号，然后经过取样补偿电路消除切换噪声，最后经过降噪扩展电路和放大器以后，输出高质量的音频信号。

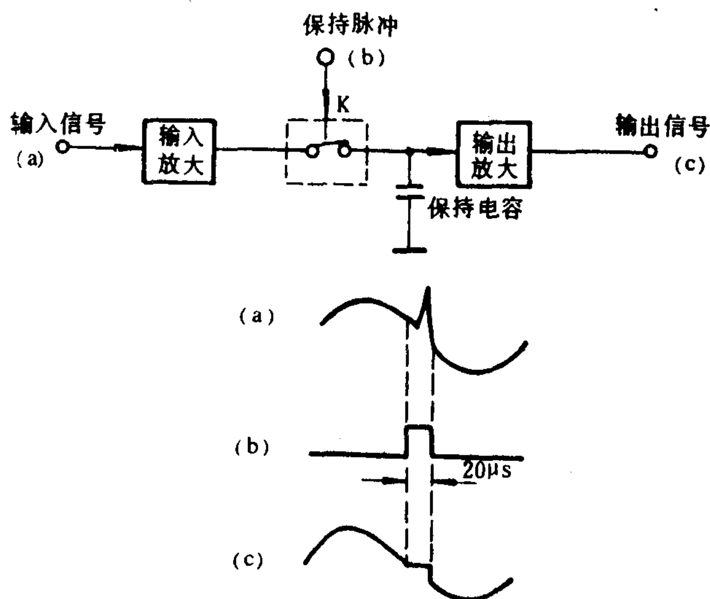


图 5—19 取样补偿电路

消除切换噪声是 Hi—Fi 音频系统中的特殊要求。前面已经讲过，在把两个旋转磁头拾取的音频信号连接成为一个连续信号时，由于在记录和重放时磁带张力等会存在微小的差别，因此在连接处信号的相位会发生紊乱和跳动，这种相位突变经过解调以后，会在连接处产生如图 5—19(a)所示的切换噪声。

为了消除这种切换噪声，在 Hi—Fi 音频系统中设计了很多消噪补偿电路，图 5—19 示出

了一种简单的补偿电路。在该图中，带有切换噪声的输入信号(a)经过输入放大器以后进入取样补偿电路。在出现切换噪声的持续时间内，磁头切换开关控制的保持脉冲使电子开关 K 切断，使切换噪声不能通过，而由保持电容 C 提供电压；当切换噪声消失后，保持脉冲又接通电子开关 K，使信号继续通过。考虑到调频信号的延时和不一致性，一般保持脉冲宽度为 20μs，以便在切换噪声的两边有一定的余量，保持良好的消噪效果。

第六章　控制与定时系统

6.1 概　　述

家用录像机是由复杂的电子电路和精密机械相结合的电子产品。在工作时，录像机内部需要控制的内容繁多，机械动作和电路的切换均较复杂。因此，必须有一个完善的控制系统(也有叫系统控制的)来控制、协调录像机整机各部分的工作。

早期的家用录像机的操作按键直接与机械系统的连杆相连，按动操作键直接带动有关机械连杆进行机械状态的转换，同时接通相应的电路。因此，操作按键笨重，需用力方可按下。这种方式机械结构复杂，使机械部分的重量增加。

另外，为了实现对机械动作的顺序控制，以及录像机工作异常的保护，需要采用大量的数字逻辑电路，从而增加了控制系统电路的复杂性，也使录像机的体积增大。

由于上述种种因素，使录像机发展受到了很大的限制。只有在飞速发展的计算机技术引入录像机之后，情况才有了较大的改观。特别是单片微处理机在家用录像机中的应用，有效地促进了录像机向小型、轻便、多功能化方向发展。目前新型的家用录像机均采用一片甚至二片微处理机作为控制系统的核心，通过存贮于单片微处理机内部的控制程序来完成其控制功能。录像机的操作按键已不再是老式的机械按键，而代之以小巧的轻触式按键。按键状态由微处理机检测，并控制录像机的全部动作。微处理机控制程序使用灵活，大量简化了逻辑控制电路。设计者可根据需要随意编制各种工作流程、机械动作。因此，家用录像机的功能随之大大提高，操作更加简单，从而推动了家用录像机的普及。

6.2 控制与定时系统的组成

家用录像机的控制系统担负着控制整个录像机正常工作的任务。不同的家用录像机的电路形式各不相同，其控制系统的电路形式、机械结构以及显示方式也各不相同。控制系统的电路也有很大的差异。但是控制系统所完成的功能是基本相同的。

随着家用录像机的功能不断增加，自动化程度不断提高，作为控制系统的核心，使用一片微处理机已不能满足需要了。因此目前大多数录像机均采用两片微处理机构成控制和定时系统。两片微处理机之间通过串行数据进行通信。每片微处理机各自完成录像机的一部分控制功能。一般习惯上以其中一片单片微处理机作为主控制微处理机，负责控制录像机的主工作系统，确定录像机的工作状态，控制录像机的机械动作。同时主控制微处理机接收另一片定时器微处理机送来的信息，并送回操作指令，协调各自的工作。

图 6—1 是一个典型的控制与定时系统的构成框图。

控制与定时系统主要完成以下功能。

1. 判别操作按键状态

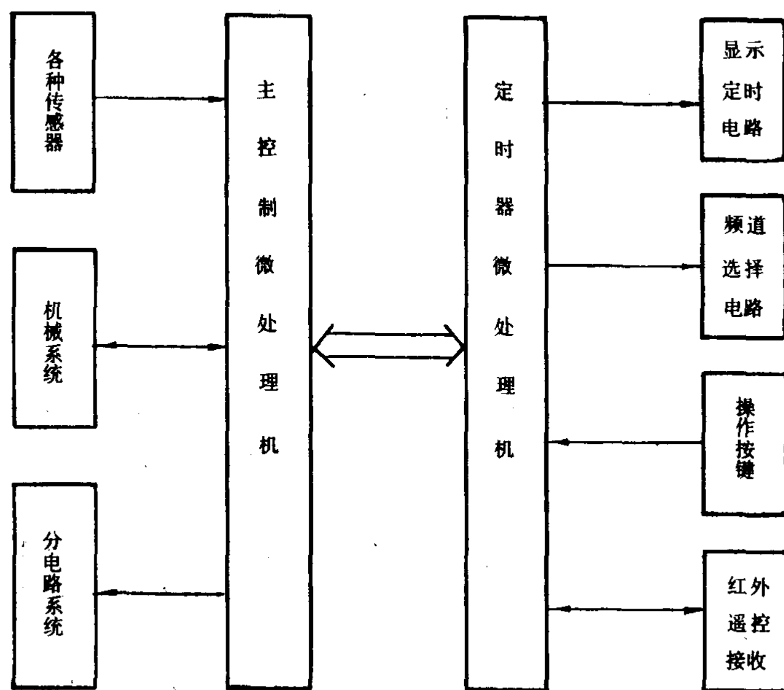


图 6—1　控制与定时系统方框图

录像机有多种工作状态，如重放、记录、停机等等。当使用者按下某一个操作按键时，按键的状态信息即送入定时器微处理机。经微处理机程序判断后，通过数据通信线传送到主控制微处理机。主控制微处理机根据送入数据，发出指令，控制录像机进入相应的工作状态。

2. 保护功能

为了保护录像机及录像带，录像机内装有多种传感元件。录像机在工作中出现异常情况时，传感元件检测到异常信息，经相应的保护信息处理电路处理后，送入主控制微处理机。微处理机根据不同的异常情况，控制录像机进入停机状态或切断电源，以免故障扩大。

录像机的基本保护功能有：磁带到达终端或始端保护、带盘不转保护、磁头鼓不转保护、环境潮湿保护、暂停时间过长保护等等。

3. 机械控制功能

对录像机机械动作的控制是控制系统最主要的任务，一般有以下三项任务：

① 盒带插入录像机时，机械系统自动将盒带送入盒带仓；起弹（出盒）时，将盒带从盒带仓弹出。

② 录像机记录或重放时，首先控制机械系统将磁带从带盒中拉出，并包绕在磁鼓上（这是加载或挂带过程）。录像机停机时，将磁带收回磁带盒（这是卸载或卸带过程）。

③ 控制供带盘和收带盘正向或反向卷带。停机时，通过刹车装置使带盘停止转动。

机械系统的动作主要由各电动机（以下称电机）驱动。图 6—2 是微处理机通过电机控制机械系统的方框

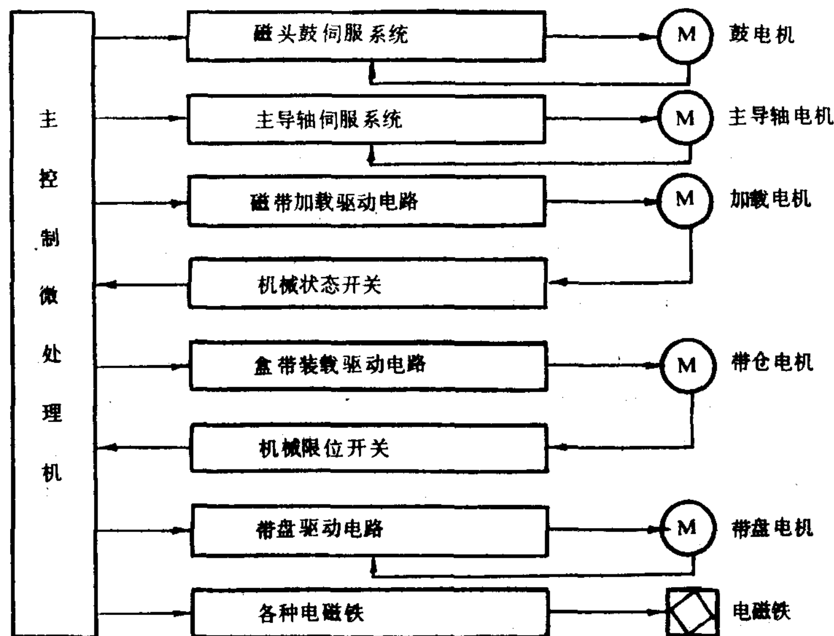


图 6—2　微机对各电机的控制方框图

图。不过各型录像机的机械结构不同，所采用的电机数也不同，故其方框图也略有不同。

如图 6—2 所示，微处理机控制的电机主要包括以下几种：

① 磁头鼓电机：它是带动磁头鼓旋转的电机。微处理机通过鼓伺服电路控制该电机的起动、运行及停机动作。

② 主导轴电机：它带动主导轴旋转，是驱使磁带运行的电机。微处理机通过主导伺服电路控制该电机的起动、运行及停机动作。

③ 加载电机：它是带动磁带加载或卸载的电机。微处理机起动该电机后，随时检测机械状态开关送回的机械到位信息，并通过磁带加载驱动电路控制加载电机的起动、停止及转向。

④ 带盘电机：它是带动带盘旋转的电机。微处理机通过带盘驱动电路控制带盘电机的起动、运行、停止及转向。某些录像机不设带盘电机，而由主导轴电机通过机械传动装置带动带盘旋转(如日本松下系列录像机)。

⑤ 带仓电机：它是带动盒带仓运行的电机。微处理机起动该电机时，随时检测相关机械位置开关送回的盒带仓到位信息，通过盒带装载驱动电路控制带仓电机的起停及转向。也有不使用带仓电机的录像机(如日本松下系列录像机)盒带的装入和弹出通过加载电机来完成。

除电机之外，控制机械动作的驱动元部件还包括不同类型的电磁铁。目前最常用的是电磁刹车装置。由装在带盘下面的电磁铁及附属传动装置组成。微处理机通过驱动电路控制其刹车或释放。

还有一些录像机使用电磁铁来实现机械状态的变换(如松下 G33、L15 等)。这种录像机在使用操作时往往能听到电磁铁的吸放声。

4. 电路控制功能

当录像机需要转换工作状态时，微处理机控制各部分电路进行相应的工作状态切换。例如：停机时关闭视频重放通道；图像搜索时关闭音频重放通道等等。在不同的工作状态下，显示屏的显示内容也由微处理机控制。

5. 定时及显示功能

对于录像机的不同工作状态，要随时显示在多功能显示屏上。这一功能是由定时器微处理机直接控制多功能显示屏来完成的。同时，微处理机还要进行时钟计时，并根据需要控制显示时钟。录像带走带计数、电视频道显示，以及定时记录时的开始和结束时间等也要由定时器微处理机来完成。

6. 红外遥控功能

录像机的红外遥控器发出的操作信息码，通过红外线接收器接收后送入微处理机，经控制程序分析处理后控制录像机进入相应的工作状态。

7. 其它功能

随着人们对录像机越来越高的要求，控制系统的功能也在不断地增加。例如，通过微处理机控制电视频道的自动选择，数字自动寻迹等等。这些功能并不会增加电路的复杂性，而主要靠编制相应的微处理机控制程序来完成。

综上所述，控制与定时系统是录像机的指挥系统，其内容繁杂，不同的录像机变化较大。读者在对控制系统电路读图时，应以其基本的控制功能为主线，依次分析其不同的控制功能与原理。

6.3 系统微处理机及其工作原理

控制系统的单片微处理机是录像机实现自动程序控制的核心部件，它相当于一个小型的计算机系统，具有一般计算机基本部分。它封装在一块集成电路芯片中。图 6—3 是单片微处理机的典型结构。

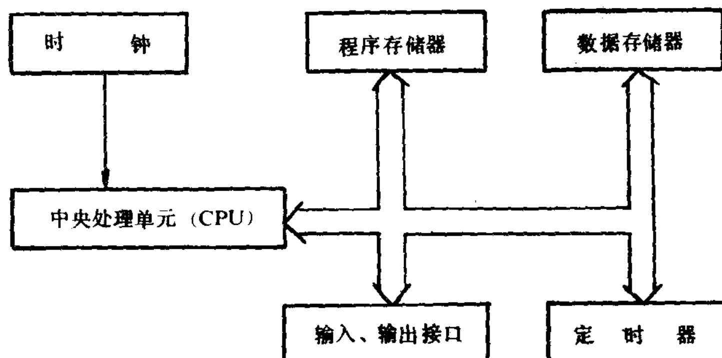


图 6—3　典型单片(微处理)机结构

预先编制好的录像机控制程序，存放在程序存储器中。时钟电路产生微处理机执行程序的工作周期。数据存储器则用来存放各种数据及中间结果。定时器可形成工作时所需要的定时控制。至于中央处理单元(CPU)则是单片机的指挥中心。单片机开始工作后，中央处理单元(CPU)通过内部总线顺序读出程序存储器中存放的程序并依次执行。程序工作的主要内容是不断地从输入接口读入各种控制信息，并通过程序分析判断后，通过输出接口送出信息，控制录像机各部分工作。

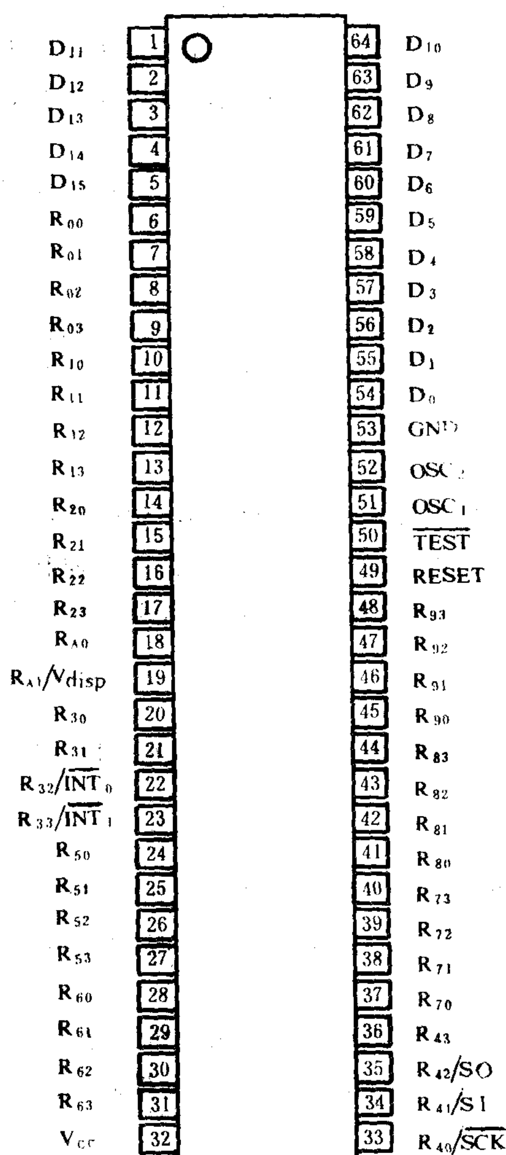


图 6—4　HD614088 引脚安排

录像机中最常见的处理机的引脚有 40 脚和 64 脚两种。由于一般录像机检测和控制的内容较多，故多采用 64 脚单片微处理机。

我们以日本日立公司的 4 位单片微处理机 HD614088 为例介绍其引脚功能和工作原理。引脚安排见图 6—4。

该微处理机为双列直插式封装，58 个输入输出口(I/O 口)，可通过程序定义其为输入口或输出口。其引脚信号的功能见表 6—1。

外部工作条件除供电电源外，一般的单片微处理机作为独立的微计算机系统，还应提供一个稳定的时钟振荡源，产生系统工作时钟，一般采用晶体振荡器，HD614088 微处理机将振荡电路做在片内，对外引出两个端点连接晶体振荡器，图 6—5 是其连接方法及内电路。

内部振荡器(图 6—5)通过外部的 4MHz 晶体得到稳定的振荡频率，经分频后，送入时钟发生器产生系统时钟，控制微处理机执行程序的工作周期。

表 6—1　　HD614088 引脚功能

信号名	引脚号	功能
GND	53	地电位
VCC	32	+5V 电源
Vdisp	19	I/O 口用作高电压输入输出口时，作为高电压供电端，可接入 Vcc～40V 范围的电压。该口也可用作 I/O 口 RA1。
TEST	50	不使用，一般接到 Vcc。
RESET	49	对微处理机初始化的复位信号。
OSC1、OSC2	51、52	内部时钟振荡器的输入脚，可接晶体振荡源或外部振荡器。
D0～D15	54～64 1～5	双向 I/O 口、D0～D3 是标准类型；D4～D15 可作为高电压 I/O 口。
R00～RA1	6～31 33～48	I/O 口，R00～R03、R60～R63、R80～R83 为输出口，R90～R93、RA0～RA1 为输入口。R10～R13、R20～R23、R30～R33、R40～R43、R50～R53 为双向 I/O 口。其中 R0、R1、R2、R9 可作为高电压口，其余是标准类型。R32、R33、R40、R41、R42 也可用作 INT0、INT1、SCK、SI 和 SO。
INT0、INT1	22、23	外部中断输入端。也可作为 I/O 口 R32、R33 使用。
SCK、SI、SO	33～35	串行接口。SCK：串行时钟。 SI：串行数据输入。 SO：串行数据输出。 也可用作 I/O 口 R40、R41、R42。

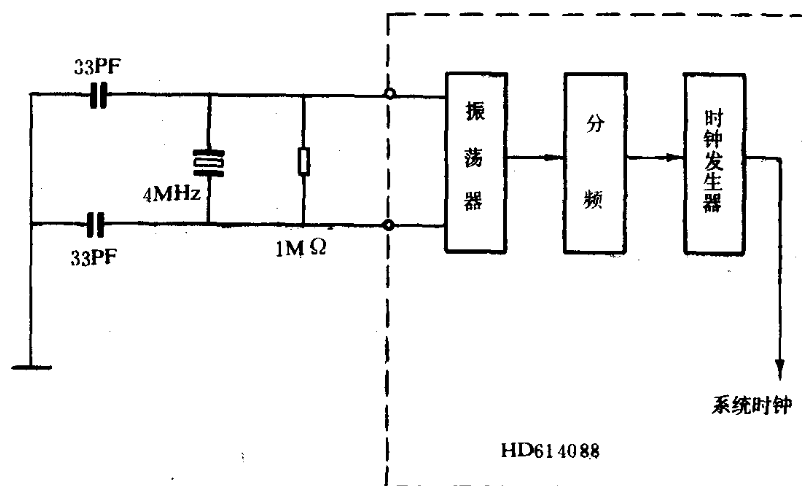


图 6—5　晶体振荡器电路

单片微处理机还有一个复位端口。HD614088 复位端是第㊾脚。录像机电源接通之后，该微机要求外部的复位电路产生至少 30ms 的复位高电平送入复位端，使微处理机的内部工作状态复位，并在复位期间使晶体振荡器从电源接通后逐渐稳定下来。复位结束之后，微处理机自动从程序存储器初始地址开始执行程序。

有些微处理机将复位电路做到芯片之内，实际应用中只需将复位端接一个电容即可，见图 6—6。

复位工作原理如图 6—6 波形所示。电源接通后，电源电压从 0V 跳变到 5V，微处理机内部复位电路对外接电容开始充电，复位端电压逐步上升。在此期间，内部复位电平保持在低电平，处在复位状态。当复位端电压升到 VA 时，内部复位电位即从低电平跳到高电平，复位状态结束。通常情况下，从电源电压接通复位开始到复位状态结束，至少应大于 20～30ms，以保证晶体振荡器在此期间能完全进入稳态。

单片微处理机的内部执行程序由专用的汇编语言编制。单片微处理机多用于实时控制系

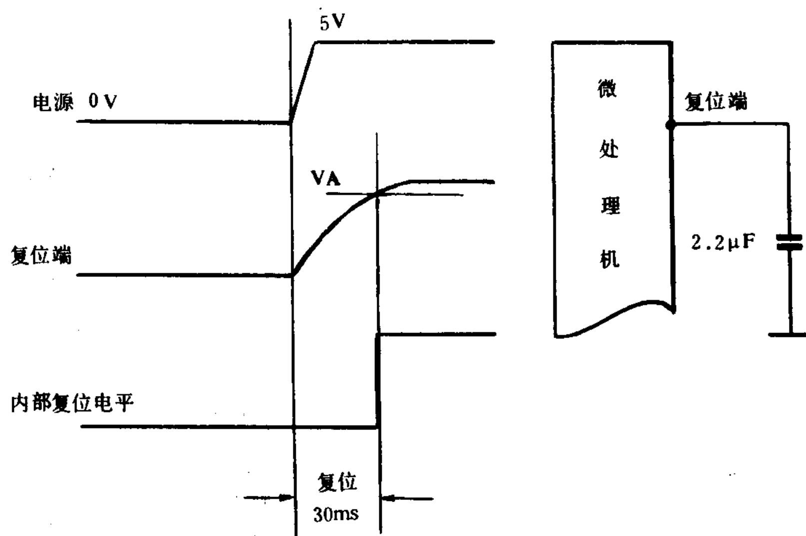


图 6—6　复位电路及波形

统，直接与控制对象相连。因此，其汇编语言具有较强的输入/输出控制型指令，使程序对外部控制更为方便。单片微处理机的引脚较多，芯片不能做得很小。为了使芯片的集成度提高，节省空间，部分录像机已将伺服系统数字化，并与单片微处理机合并到一个芯片中。这种芯片已不是单独微处理机芯片，但其微处理机的工作原理都是相同的。不过其部分控制端已在芯片内部与伺服电路相连而已。

6.4　系统程序开发设计

单片微处理机程序设计必须使用微处理机开发系统。不同的单片微处理机都具有相应的开发系统供程序开发使用。一般的微处理机开发系统如图 6—7 所示。

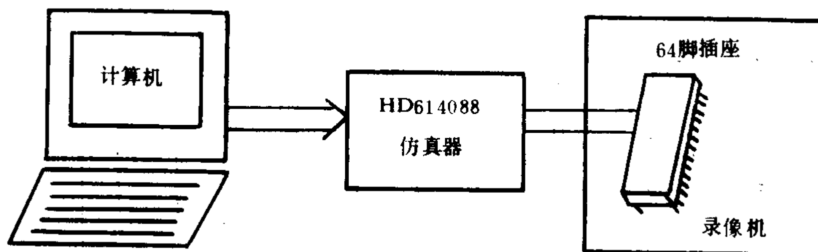


图 6—7　微处理机开发系统

仿真器相当于一个大型的单片微处理机，模拟相应的微处理机的性能。开发不同的单片微处理机要使用不同的仿真器。从仿真器引出的 64 脚插头与其仿真的单片微处理机有相同的引脚定义。该插头插入录像机中单片微处理机插座上，即可通过计算机屏幕进行程序的设计和调试。整个录像机控制程序的开发过程见图 6—8。

在开始编制录像机控制程序之前，必须先确定整机的电路方案，如视频电路、音频电路、伺服电路等。还要确定各部分电路的控制要求。例如，视/音频电路的记录、重放切换，伺服电路的重放、慢放、静像及搜索的切换等等。对于整机来说，应确定所要实现的操作功能及操作按键，确定操作方法及显示内容。

录像机的整机方案和各种控制功能确定之后，可作出实验样机，将开发系统与实验样机相连。也就是把开发系统仿真器的单片微机仿真插头插入实验样机上单片微机的插座上。准备工作到此完成。对于设计者来说，已经具备了编制、调试控制程序的一切条件。

编制程序要从程序流程图开始，根据整机的要求和工作顺序，首先绘制出录像机程序的整体框图。在此基础上再绘制各分支程序的分框图，然后启动开发系统。利用开发系统的操作按键和荧光屏进行汇编语言程序的编制。一般的开发系统都具有较强的操作功能，对程序的增

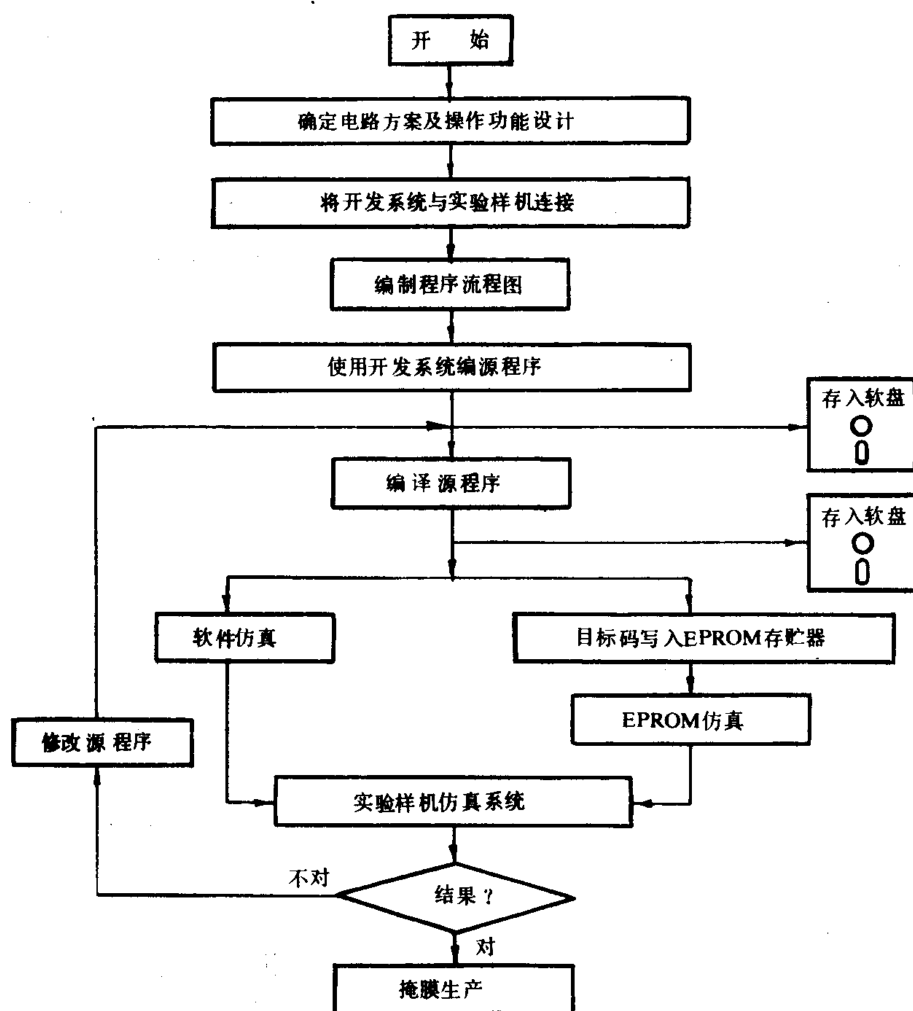


图 6—8 程序开发过程

删、修改、输入显示均很方便，使设计者能集中精力进行控制程序的编制。

编制好的源程序可以随时存入软磁盘保存。但源程序还不是能够执行的程序，还要经过开发系统的编译程序对源程序进行编译，翻译成二进制的目标码（即可执行码）。编译后的目标码也可随时存入软磁盘保存。

程序的调试是通过实际运行来进行的。程序在实际样机上的仿真运行有两种方式：软件仿真和 EPROM 仿真。软件仿真是在开发系统上直接运行控制程序，即将控制程序的目标码送入开发系统的仿真器中，再通过仿真插头控制录像机的工作。对于实际样机来说，插在样机上的仿真插头完全相当于今后的单片微处理机。

EPROM 仿真是首先用开发系统将编制好的目标码程序写入 EPROM 存储器，然后将带有目标码程序的 EPROM 存储器插入仿真器。程序运行时从 EPROM 存储器中取程序指令，与开发系统主机无关。将来单片微机中的程序存储器中的内容将与 EPROM 存储器中的程序完全一样。

还有一种 EPROM 仿真是将 EPROM 存储器插到专用微机开发芯片的背上，然后将实际样机与开发系统脱机。把专用开发芯片插到实验样机上。该实验样机即可独立工作，实现完全的实际仿真。有些单片微处理机具有片内带有 EPROM 存储器的形式（如美国 INTEL 公司的 8748、8751 等）。这种类型的微机可以通过开发系统将控制程序直接写入片内 EPROM 存储器，再将单片微处理机插到实验样机上，实现脱机工作。

设计者通过上述仿真过程，可以验证分析程序编制得正确与否。如果有错误，可以在开发系统上修改源程序，并重新进行源程序编译、仿真运行等步骤，直到控制程序无误。程序编制过程即告完成。

为了批量生产的需要，定型的控制程序还要送到微处理机生产厂家进行掩膜生产。将控制程序掩膜做入单片微处理机芯片内。经过上述过程，微机厂家提供给用户的就是专用的带有录

像机控制程序的专用微处理机了。

以上是录像机程序开发设计的全过程，具备了程序设计的开发手段以后，确定微处理机的硬件电路和控制方式就成为编程前的重要准备工作。其主要内容在以下各节中介绍。

6.4.1 确定输入输出定义

对于单片微处理机的各个输入输出口，应明确规定其电平意义和控制内容，以便程序根据要求发送和接收控制信息。对于送往电路部分的控制信息，应明确各部分电路对控制信号的要求。表 6—2 是一个微处理机 8 个输出端口定义的例子。

表 6—2　　输出端口定义

输　出　口	定　　义
G 0	鼓控制 1，记录时低电平
G 1	鼓控制 2，记录时低电平
G 2	主导控制，高电平主导正转
G 3	主导控制，低电平主导倒转
G 4	高电平时供带盘强刹车
G 5	高电平时卷带盘强刹车
G 6	高电平时卷带盘弱刹车
G 7	高电平时供带盘弱刹车

6.4.2 确定功能按键判别原则

当使用者在录像机任一工作状态下可能误按某一个功能按键。微处理机应根据实际情况，检别出用户的操作是否符合本机状态转换要求，如果符合应按照执行，如不符合则应拒绝执行。表 6—3 是为一般录像机设计的一种状态转换原则表。

表 6—3　　状态转换原则表

键状态 \ 现状态	出盒 (EJECT)	停机 (STOP)	重放 (PLAY)	记录 (REC)	快进 (FF)	倒带 (REW)	静像/暂停 (S/P)
出盒 (EJECT)		✓	✓	✓	✓	✓	✓
停机 (STOP)	×		✓	✓	✓	✓	✓
重放 (PLAY)	×	✓		×	✓	✓	✓
记录 (REC)	×	✓	×		✓	✓	✓
快进(FF)	×	✓	✓ 搜索	×		✓	×
倒带 (REW)	×	✓	✓ 搜索	×	✓		×
静像/暂停 (S/P)	×	×	✓	✓	×	×	
帧进 (F.ADV)	×	×	×	×	×	×	✓

注：✓——允许，×——不允许

表中√表示在对应的现行状态下，按下相应的按键可进入按键指定状态。×则表示不允许进入。在重放(PLAY)状态，按下快进(FF)键或倒带(REW)键，进入图像搜索状态，松开按键则返回重放状态。帧进(F. ADV)只有在静像时，按动一下图像前进1帧。若按住不动，则每秒前进一次。

6.4.3 确定保护功能

当录像机工作异常时，控制程序应能作出判断并控制录像机自动保护。因此，保护功能要在编制程序时确定下来，录像机常见的保护功能有以下几种：

① 环境过度潮湿，录像机自动报警并停机。

② 磁鼓不转，录像机自动报警并停机。

③ 带盘不转，录像机自动报警并停机。

④ 磁带到达终端，录像机自动倒带。

⑤ 磁带到达始端，录像机自动停机。

⑥ 静像时间超过5分钟，录像机自动停机。

⑦ 带盒插入5秒内不能到位，则带盒自动退出。

6.4.4 确定机械动作定时序列

控制录像机的机械动作是程序最重要的任务之一。

当录像机从一种工作状态转入另一种工作状态时，将伴随着机械部分的动作序列。根据现有状态转换到新的工作状态的转换过程，即可确定机械动作序列。各种不同状态转换时，机械动作的序列各不相同。因此，录像机的机械部分有几十种动作序列。我们知道，机械动作的驱动元件是电动机或电磁铁。控制程序就是通过直接控制有关电机和电磁铁的启停来完成机械动作的。这种定时关系都要在编程时确定下来，这是程序设计非常重要的一步。通常用图形方式来表示机械动作定时序列，如图6—9所示。

图6—9是录像机从停机状态进入重放状态的机械加载过程以及从重放状态回到停机状态的机械卸载过程的机械动作序列。该动作序列描述的是一个多电机的机械机芯系统，具有独立的主导电机、带盘电机和加载电机。如图所示，当录像机从停机状态进入重放状态时，卷带刹车首先将卷带盘刹住。图中表示卷带刹车的线段在开始进入重放状态处跳起，卷带盘强刹车。20ms后，卷带刹车。转为中刹车。该线段下落1/3幅度，同时，加载电机开始启动，相应线段跳起。由于供带盘在此期间未刹车，因此，当加载电机带动加载臂将磁带包绕在磁鼓上时，磁带都是由供带盘拉出的。此时卷带盘被刹住。在开始进入重放状态时，随着卷带盘刹车带盘电机同时起动20ms，如图中带盘电机相应线段所示。其目的是将带盘靠轮与卷带盘摩擦，使卷带盘及时收带。磁带的加载和卸载到位，主要通过加载和卸载到位开关检测。当加载电机启动之后，加载臂将磁带从供带盘中拉出包绕到磁鼓上。加载臂加载到位之后，专门设计的机械连杆将带动机械状态开关移动到加载到位位置(详见6.5.3节)，指示加载到位，如图中加载到位线段下跳位置。这时，微处理机控制程序应控制卷带刹车松开，同时控制主导电机和带盘电机启动，带动磁带运行。加载电机将在加载到位后40ms停转，以保证加载完全到位。在加载电机启动开始时，由于机械状态很快脱离卸载状态，而向加载状态过渡，因此，机械状态开关也将很快移动脱离卸载状态，如图中卸载到位线段上跳部分所示。机械机芯进入重放状态后，主导电机、带盘电机将持续运行，直至停止重放状态。

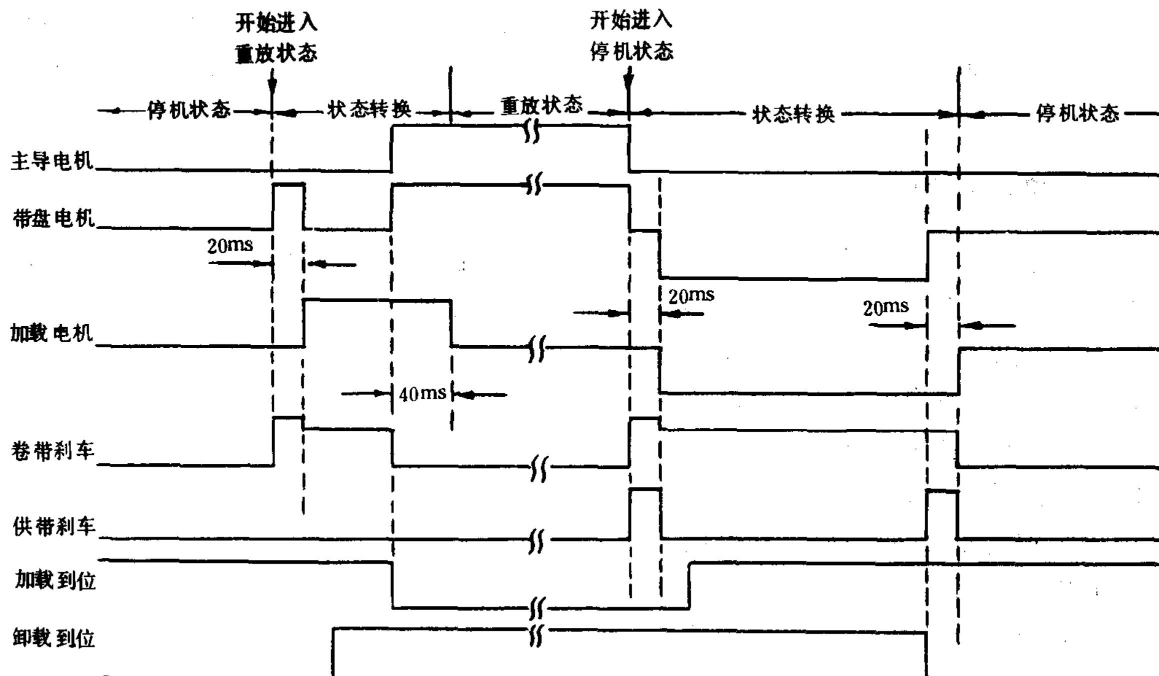


图 6—9　机械动作定时图

当需要从重放状态回到停机状态时,机械动作序列从"开始进入停机状态"位置开始,看图方法与前述相同。首先主导电机、带盘电机停转,同时卷带盘和供带盘同时强刹车,使磁带停止运行,约 20ms 后,卷带盘转为中刹车,供带盘松刹车,同时带盘电机反转,加载电机反转,如图中的带盘电机、加载电机相应线段反向下跳部分。由于此时供带盘未刹车,因此,当加载电机带动加载臂卸载时,带盘电机反转,带动供带盘将磁带逐步收回到供带盘中。此时卷带盘不动。加载电机反向启动后,机械状态开关将移动脱离加载到位位置,如图中加载到位段上跳部分所示。当加载电机带动加载臂全部退回到卸载位置时,机械状态开关也在连杆的带动下移动到卸载位置,指示卸载已经到位。这时带盘电机将停止,同时供带盘刹车 20ms,使供带盘完全停止收带。20ms 后,供卷带盘松刹车,加载电机停转,卸载完成,录像机进入停机状态。

由于各种机械动作系列都将由微机控制执行,确定各种状态转换的机械动作序列是编程前非常重要的一步。但应注意不同机芯的机械结构与电机驱动方式各不相同,机械动作的实际步骤也各不相同。

6.4.5 程序编制

程序编制是从流程图开始的。首先要确定程序的总体方案,根据编制者的思路不同,为达到同一目的,往往可以有多种程序总体方案。但无论使用何种方案,编制时必须注意以下几点。

① 编程时必须时刻注意程序的严密性。录像机可能出现的各种操作情况,程序可能进入的任何分支,程序都应及时处理并保证正确运行,否则将引起混乱。

② 编程时应以使用者操作简单、方便为原则。为达到此目的,有时需要增加相当的程序量,但这是非常必要的。

③ 提高编程质量。在满足上述两条的基础上,尽量减少程序量,并使程序思路清楚,可读性强。

一般的录像机控制程序,都有一个主程序,根据不同的工作状态,进入不同的分支程序,并

设置多个功能性的子程序，以备主程序调用。图 6—10 举例说明主程序的流程。

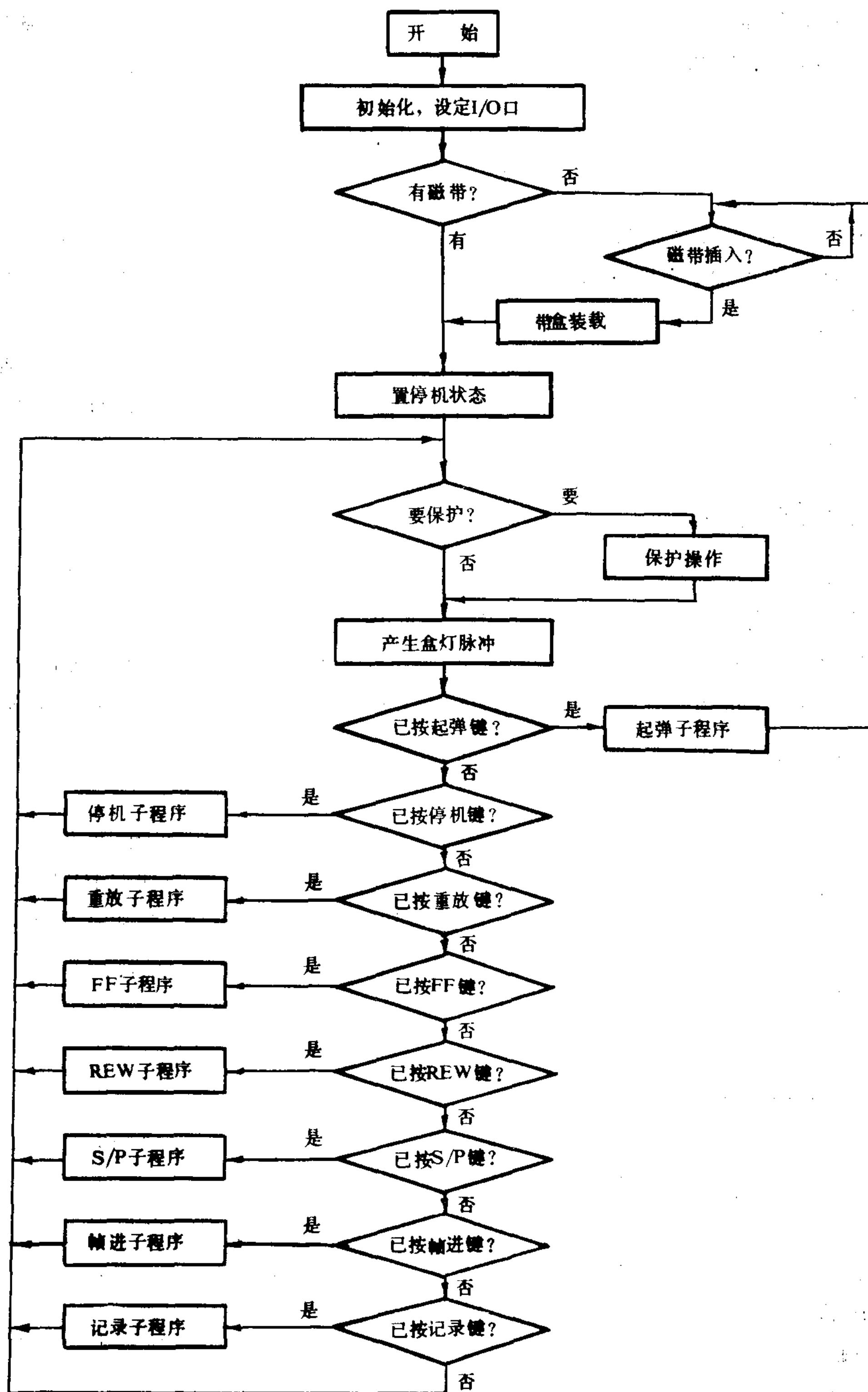


图 6—10 主程序流程图

程序开始，首先进行硬件初始化，将微处理机内部的寄存器及内存清零。同时设置输入、输出口及初始输出电平。在主循环开始时，判断盒带是否插入。若未插入继续判断；如已插入则带盒进入盒带仓，转入停机状态。接着判断是否需要保护。需要保护则转入保护操作；不需要保护则开始判断操作键状态。当相应的按键按下时，程序根据功能按键判别原则决定程序转入

相应的子程序执行。最后返回继续循环工作。

单片微处理机的程序编制是非常灵活的，加之不同的微处理机的功能、特点以及汇编程序语言各不相同。因此很难有一个统一的模式，程序设计人员只有熟练掌握所选用的微处理机的性能原理，将其运用于录像机的程序控制，才能编出高质量的录像机控制程序。

6.5 系统检测原理

控制系统在工作时，要不停地检测外部送来的指令性控制信息。例如：操作者通过按动录像机操作键送入的控制信息、各种监测录像机工作状态的传感器送入的保护信息等。控制系统通过适当的电路将这些信息转换成标准的高低电平或脉冲信号送入微处理机。在微处理机内部，预先编制好的控制程序分析判断这些控制信息，并决定如何控制录像机工作。控制系统对控制信息的正确检测是系统正常工作的先决条件。目前实际应用的控制方法种类繁多，这里只将其常见的方法加以介绍。

6.5.1 按键状态的检测方法

新型的录像机的操作按键已不使用传统的机械按键，而采用轻巧的按键开关。工作时，按键开关的动作情况通过检测电路送入微处理机进行检测。由于各按键开关之间没有锁定关系，因此，当两个以上按键同时按下时，控制程序应根据按键的“优先权要求”决定执行何种操作。另外，录像机在设计阶段即制定了优先转换表（见表 6—3），按键按下后是否有效，要符合转换表的要求。常用的按键开关检测方法有如下几种：

1. 直接输入方式

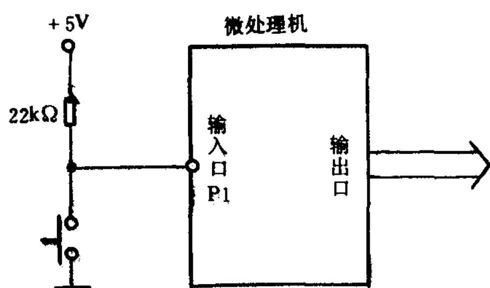


图 6—11　直接输入方式

这种输入方式比较简单，如图 6—11 所示。当按键按下时，微处理机 P1 口为低电平，松开时为高电平。微处理机内部的控制程序检测到该输入端的电平情况后，即可得到按键是否按下的状态信息。在很多录像机中，电源按键开关常采用按一按方式，即按一下，录像机供电，再按一下，录像机断电。由于按键开关的接点接通瞬间可能出现抖动，也就是说这时可能发生开关要经接通、断开、再接通、再断开、再接通数次之后才接触好。因此有可能引起微处理机判断错误，使录像机连续瞬时供电又断电。这对录像机工作极为不利。为了增加录像机工作的可靠性，一般应在编制按键开关检测程序时考虑防抖动措施，如图 6—12 所示。

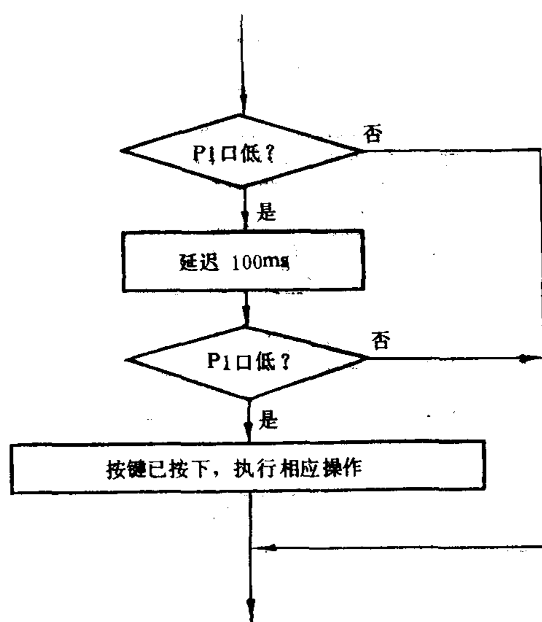


图 6—12　程序防抖动措施

程序先判断 P1 口，当 P1 口为低电平时，程序

延迟 100ms，让按键开关接触好后（即抖动过去后），再判断一下 P1 口。如仍为低电平，才确认按键已按下，执行相应操作。如 P1 口前后两次检测中有一次不是低电平，程序均不认为按键已按下，不执行相应操作。

程序的防抖动措施，不仅仅应用于对按键开关的检测，凡是影响录像机稳定工作的检测内容，例如对盒带位置开关的检测等，均使用防抖动措施。

2. 矩阵扫描方式

直接输入方式虽然简单，但如果各种操作按键都使用这种方法，将需要占用微处理机大量输入口。而一般微处理机的输入口有限。为了既能检测多个按键，又占用少量输入口，一些录像机采用按键矩阵扫描方式。

图 6—13 是按键矩阵扫描方式的原理图和波形关系图。按键开关通过二极管 D1～D9 分别接在矩阵的"行线"和"列线"上。该矩阵为 3 行 3 列，最多可联 9 个按键。这样，9 个按键（K1～K9）的检测只占用了微处理机的 6 个端口（3 个输入端口、3 个输出端口）。如果增加行线或列线，则可任意增加检测按键的数目。显然，检测的按键越多，节省的微处理机端口越多。例如设计 5 行 5 列矩阵，可检测 25 个按键，却只使用了 10 个微处理机端口，节省了 15 个端口。

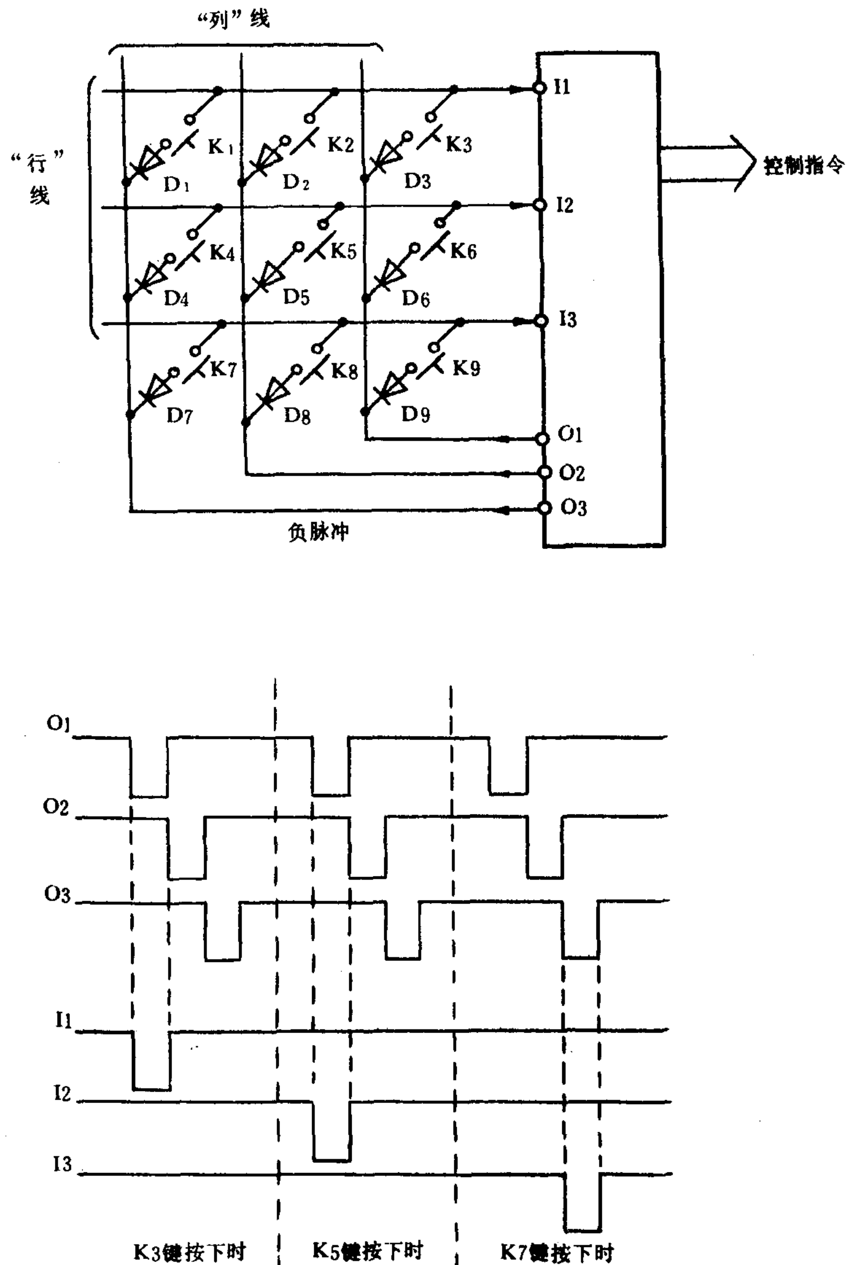


图 6—13　按键矩阵扫描方式

扫描检测的原理是：微处理机按顺序从输出端口 O1、O2、O3 送出负脉冲到按键矩阵的各"列"线上。在负脉冲期间，分别检测与该列线连接的按键开关（K1～K9）。例如，如果按下 K3 按键，当 O1"列"线出现负脉冲期间，低电平将只能通过 K3 及二极管 D3 到达"行"线进入微处理机 I1 输入口；如果按下 K6，则低电平只能到达 I 2 输入口。这样，微处理机在 O1 负脉冲期间只要检查 I1、I2、I3 输入口的电平情况，即可检测出 K3、K6、K9

三个按键状态中哪一个被按下。以此类推，O2 负脉冲期间用同样的方法，可检测 K2、K5、K8 按键状态；O3 负脉冲期间可检测 K1、K4、K7 按键状态。矩阵中的二极管的作用是隔离“列”线。如果没有二极管，当不同“列”线上的两只按键同时被按下时，“列”线间将短路。例如，同时按下 K8、K9，将造成微处理机输出端 O1、O2 两“列”线短路。实际上微处理机 O1、O2、O3 输出口的负脉冲波形是由程序产生的。程序先将 O1 口置为低电平，然后检测出 I1、I2、I3 口的电平情况（即检查 K3、K6、K9）。检查完毕后，将 O1 口再置为高电平。然后再将 O2 口置为低电平，重复检查各 I 口（即检查 K2、K5、K6）；最后再将 O3 口置为低电平，再重复检查各 I 口（即检查 K1、K4、K7）。显然，微处理机输出口的负脉冲宽度应大于程序检查输入口的时间。图 6—14 是程序扫描检测按键矩阵的方框图。

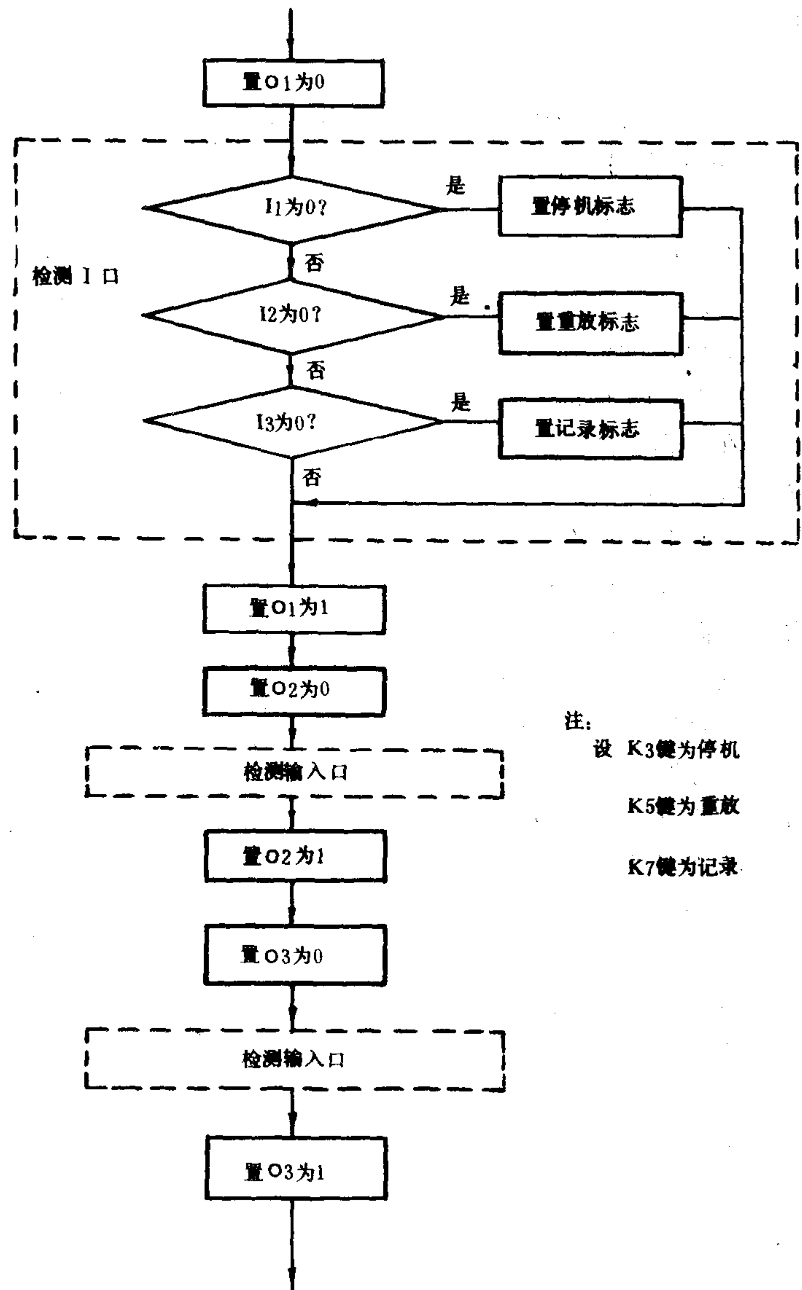


图 6—14 扫描矩阵方框图

扫描程序执行过后，后续程序根据扫描程序提供的按键标志（代表停机、重放、记录等）决定录像机的工作状态。

3. 梯形电阻输入方式

梯形电阻输入方式按键状态检测比按键矩阵方式更能节省微处理机的输入端，往往只需要 2～3 根线，即可检测全部按键的动作。图 6—15 是两种常见的梯形电阻输入方式按键状态检测电路。

图 6—15(a)所示方式是利用按下不同按键时对 C1 的充电时间常数不同进行检测的。检测期间，电子开关 K1 处于断开状态，微处理机从 A 点送出负的检测脉冲（见图中波形 A）。此时，如有按键被按下，5V 电源将通过相应电阻对 C1 充电（见图中波形 B）。B 点电压逐渐上升，当 B 点电压超过电压比较器正输入端的参考电压值时，其输出端（即 C 点）变为低电平（见图中波形 C），直到微处理机 A 点的负检测脉冲跳回到高电平使 K1 闭合，C1 放电，B 点又变为 O

电平。同时C点也跳回到高电平。C点输出的负脉冲宽度，代表了按下不同的按键。如图所示，当按下起弹键时，电源通过R1对C1充电；按下停机键时，通过R1+R2对C1充电；按下倒带键则通过R1+R2+R3对C1充电……电源通过不同的电阻对C1充电，使B点电压上升到比较电压值的所需时间不同，因而使C点的输出脉冲宽度也不相同（前沿有早有晚）。充电电阻值越大，C点脉冲前沿越滞后，其脉冲宽度越窄（因后沿是固定的）。这样，微处理机只要检测出C点的负脉冲宽度，即可确定是哪一个按键被按下。

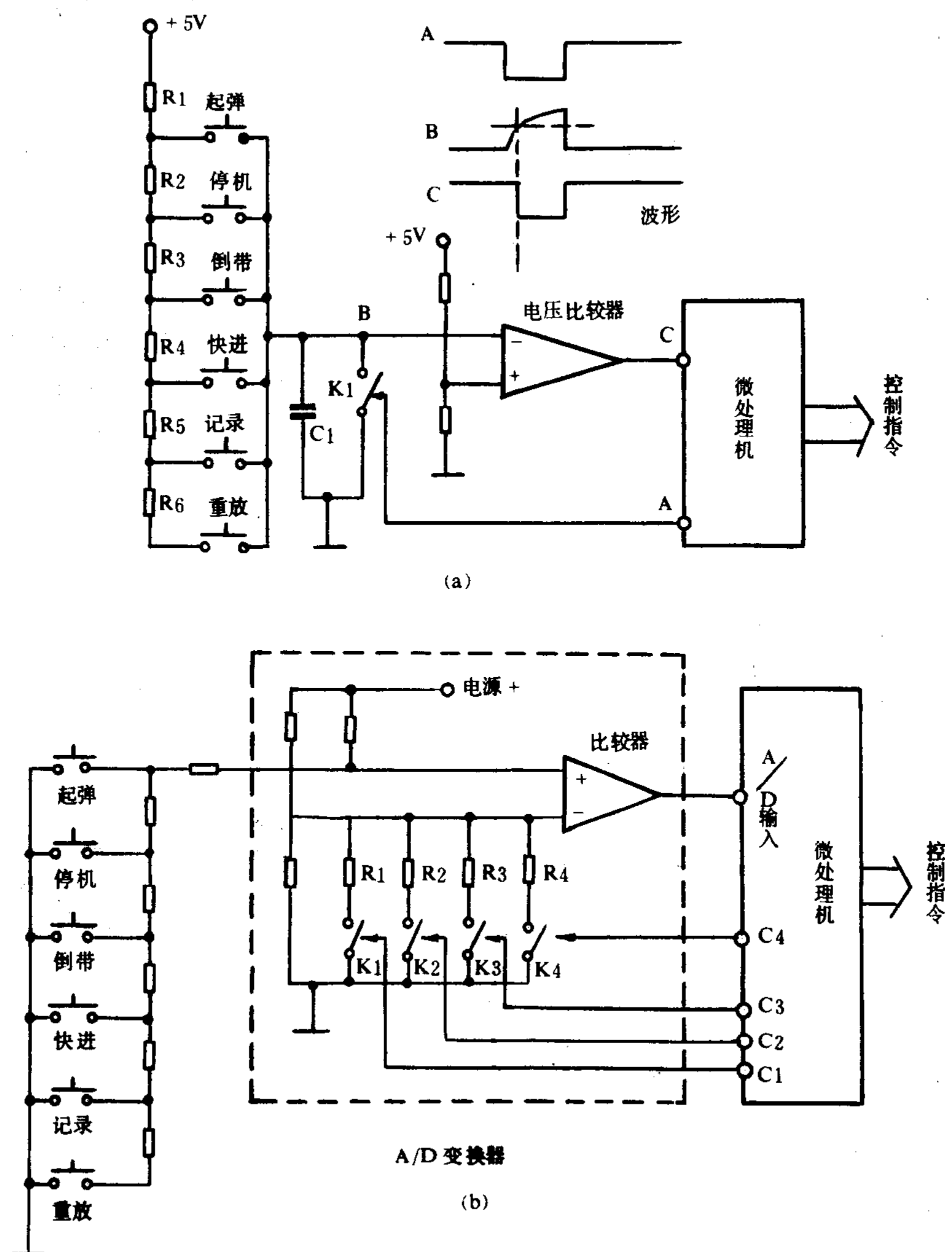


图6—15 梯形电阻输入方式

各按键开关在串联的梯形电阻链中的顺序排列位置，也是优先序列的位置。当排列在前的按键被按下时，若同时按下排列在后的按键，则无效。例如，同时按下倒带和快进两个键，因倒带键闭合，使后面各支路都形成短路，电源对C1的充电电阻仍然是R1+R2+R3，故不管你按下后面那个键，都与单独按下倒带键时一样。因此，按键的排列顺序（不是指机上的位置排列，

而是指图 6—15 中的排列)就决定了按键的优先顺序。

图 6—15(b)是另一种梯形电阻输入方式。按动不同按键时,梯形电阻的总电阻值也不同。模拟/数字(A/D)变换器将梯形电阻的总电阻值与变换器内的数字式可变电阻比较,如梯形总电阻值小于数字式可变电阻值(所谓数字式可变电阻,是指其阻值变化是步进式的),变换器输出低电平,送入微处理机;如梯形总电阻值大于数字式可变电阻值,变换器则输出高电平送入微处理机。数字式可变电阻的阻值,则受微处理机 C1、C2、C3、C4 端控制。微处理机不断控制电子开关 K1、K2、K3、K4 的通断,以改变数字式可变电阻的阻值。并不断与梯形总电阻比较,则可测知梯形总电阻的阻值范围,从而检测出是哪一个按键被按下。

与图 6—15(a)的形式相同,这种检测方式的按键相对于梯形电阻的排列顺序也就是按键的优先顺序。

4. 编码器输入方式

编码器输入方式是采用通用编码器将开关状态编码后送入微处理机。该方式也可节省大量的微处理机输入口。

图 6—16 是使用典型 8—3 线优先编码器集成电路 74LS148 组成的输入电路。8 个按键开关分别接在编码器的输入端。某一开关按下时,相应输入端即为低电平,而未按下时保持高电平。编码器对 8 条输入线进行编码,变换成 3 位数据码后从 A0、A1、A2 输出端输出。编码器对输入进行优先编码,以保证在两条以上输入线出现低电平时,优先高位输入线进行编码。编码器的 E0 端为允许输出端。因此,编码器输出的状态只有在 E0 为低时才有效。

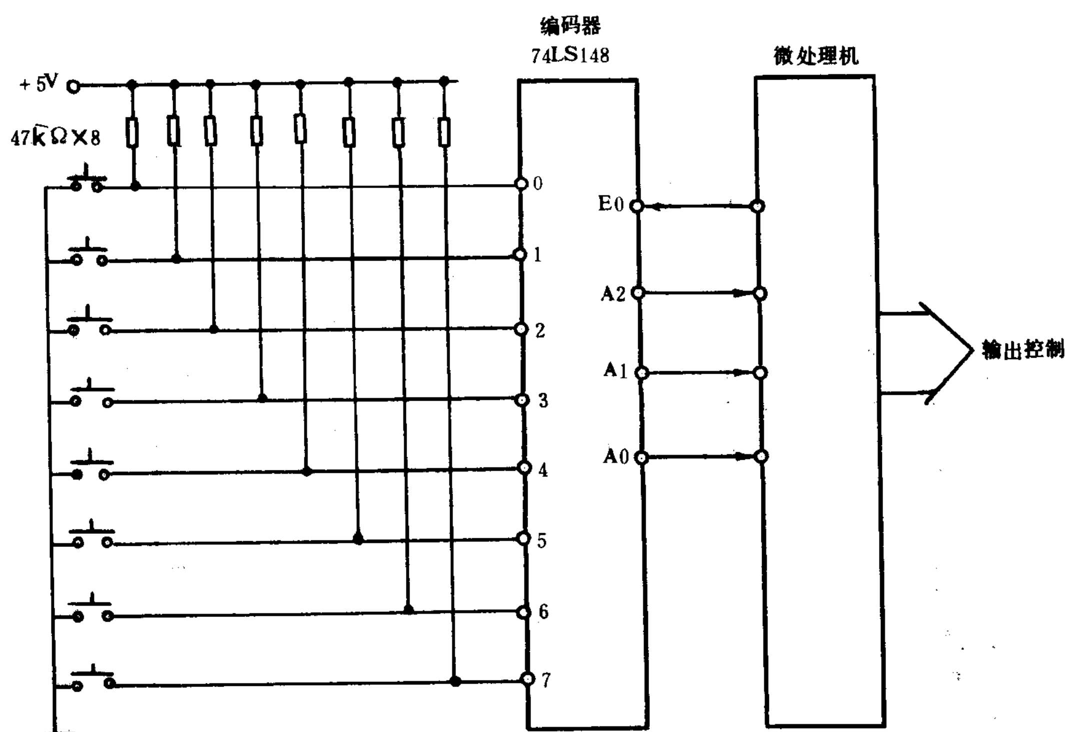


图 6—16 编码器输入方式

如图所示,该电路方案将 8 条输入线变换成 4 条输出线送入微处理机,节省了微处理机输入口。但必须注意,微处理机控制程序判断按键状态时,应判断 A0、A1、A2 3 位组成的数据码,其规则示于表 6—4 编码器功能表中。

表 6—4　　编码器功能表

E0	输入								输出		
	0	1	2	3	4	5	6	7	A2	A1	A0
L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H
H	H	H	H	H	H	H	H	L	L	L	L
H	H	H	H	H	H	H	L	H	L	L	H
H	H	H	H	H	H	L	H	H	L	H	L
H	H	H	H	H	L	H	H	H	L	H	H
H	H	H	H	L	H	H	H	H	H	L	L
H	H	H	L	H	H	H	H	H	H	L	H
H	H	L	H	H	H	H	H	H	H	H	L
H	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H

6.5.2 保护信息的检测方法

录像机的内部设置了各种传感元件，用于检测录像机的工作环境和工作状态。当出现异常时，这些传感器的输出特性发生变化，通过检测电路将异常信息送入微处理机。由于所要检测的对象不同，其信息的检测方法也不同。因此录像机的保护信息检测的方法很多。但是录像机的基本保护内容是一定的。

1. 磁鼓停转检测

在记录或重放时，若磁鼓不转，会增加磁鼓与磁带间的摩擦力，易拉坏磁带。因此，如果磁鼓应转而不转或转速远低于正常值时，微处理机将发出保护指令，使录像机停机。部分录像机在磁鼓转速过快时，也控制录像机停机。

磁鼓在旋转过程中，磁鼓内的传感元件分别送出磁鼓相位信号（PG）和磁鼓速度信号（FG），供微处理机对磁鼓进行检测。磁鼓停转检测的两种常用方法见图6—17。

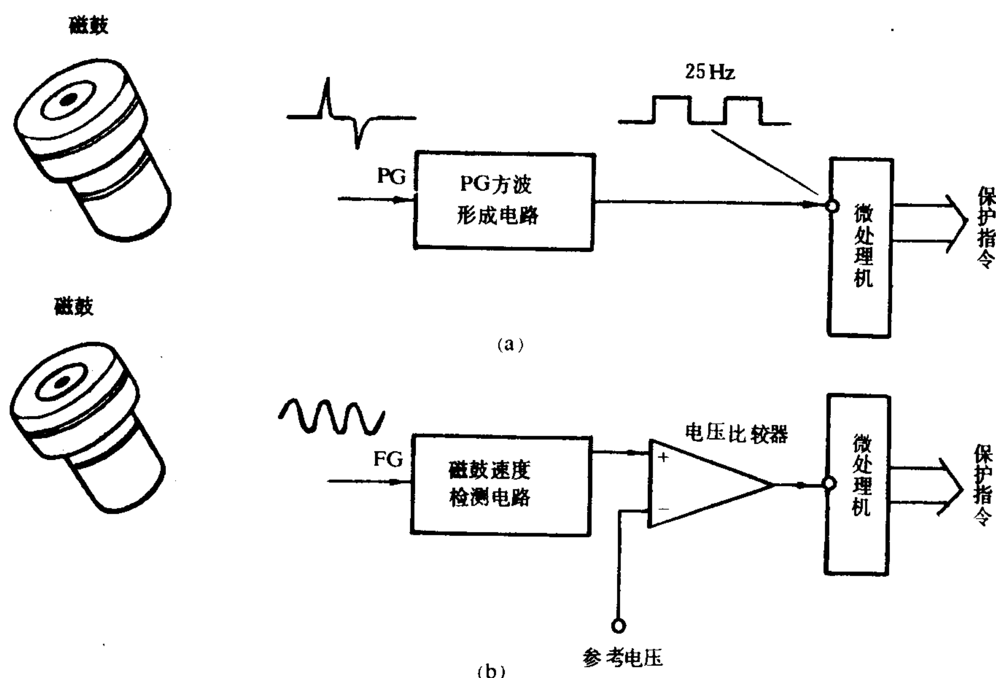


图 6—17　磁鼓停转检测

图6—17(a)中，从磁鼓送出的PG信号经伺服系统的PG方波形成电路处理以后，得到25Hz的PG方波信号送入微处理机。微处理机检测该方波信号的周期，如与正常周期相差很大或根本没有方波，将认为磁鼓不转或转动失常，从而发出停机指令。

图6—17(b)中，从磁鼓送出的FG信号经伺服系统的磁鼓速度检测电路处理后，变成大小随鼓速变化的直流电压。此电压送至电压比较器，与参考电压比较。当磁鼓速度低于正常值很多时，该直流电压将高于参考电压，比较器输出高电平。微处理机检测到高电平信号即发出停机保护指令。

由于不同的录像机的磁鼓电机以及内部传感元件种类及结构不同，因此，其送出的FG及PG信号的波形及大小也各不相同。图6—17所示波形只是部分录像机的情况，但图中示出的检测原理及信号流程是绝大部分录像机所采用的。

2. 带盘停转检测

当录像机工作于记录或重放状态时，由主导轴带动磁带走带。同时收带盘也旋转着，不断地把磁带收回到收带盘上。如果收带盘不转，而主导轴仍然驱动磁带走带，则由于磁带不能及时卷绕回收带盘上，会使磁带溢出。另外，在倒带和快进时若出现带盘不转，将会造成带盘电机过载。为此，在带盘不转时，必须停机。

图6—18是光电传感器式的检测原理图。

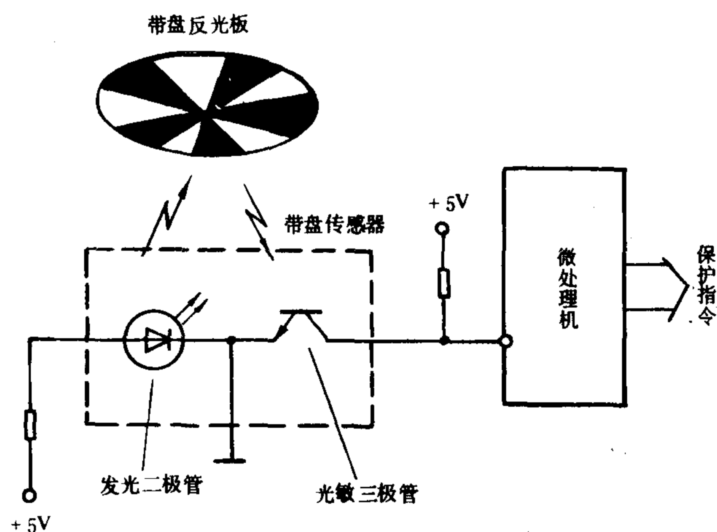


图 6—18　光电传感器式检测原理

图中带盘反光板一般装在收带盘底部，由黑白相间的圆盘组成。带盘传感器由发光二极管和光敏三极管组合而成。带盘旋转时，带动反光板一起转动，发光二极管发出的光线，被反光板间隔地反射和吸收。遇白条相对时，光被反射，反射光照到光敏三极管上，使其导通；遇到与黑条相对时，没有反射光照到光敏三极管，光敏三极管截止。这样，光敏三极管就将暗、亮相间的反射光变换成高、低电平变化的脉冲信号送入微处理机。如果在磁带运行时，微处理机检测不到输入端的电平变化，将认为带盘不转，发出停机保护指令。

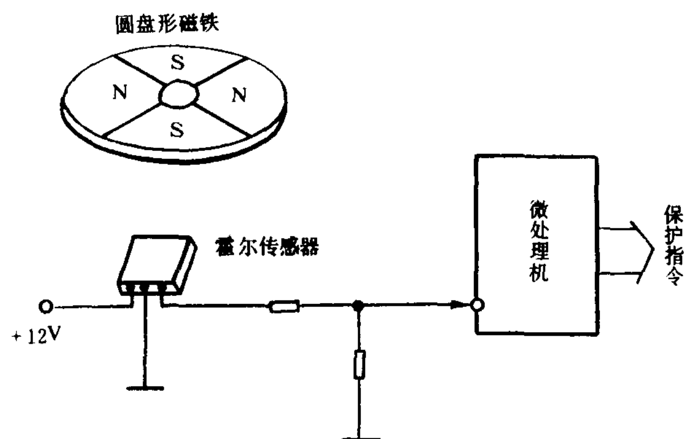


图 6—19　霍尔传感器检测方式

图6—19是霍尔传感器检测方式。

图中的圆盘形磁铁与带盘联动，其上的磁极极性安排如图中所示，是N、S极相间的。圆盘形磁铁下面装有霍尔传感器。当带盘转动时，带动圆盘形磁铁同时转动，作用在霍尔传感器上的磁场方向及强弱也随之不断变化。霍尔传感器将这种变化的磁场变成高低跳变的电势送入微处理机。如果在磁带运行时，微处

理机检测不到跳变的电势，将认为带盘不转而执行保护停机。

上述霍尔传感器，一般是作成集成电路，内部有放大器及波形整形电路，将微弱的磁场变化信号放大并整形。因此，输出已是规则的脉冲。该霍尔传感器需外加电源才能工作。

3. 磁带首、尾检测

如果磁带运行到带首或带尾，微处理机将发出指令使录像机停机。带首、带尾检测原理见图6—20。

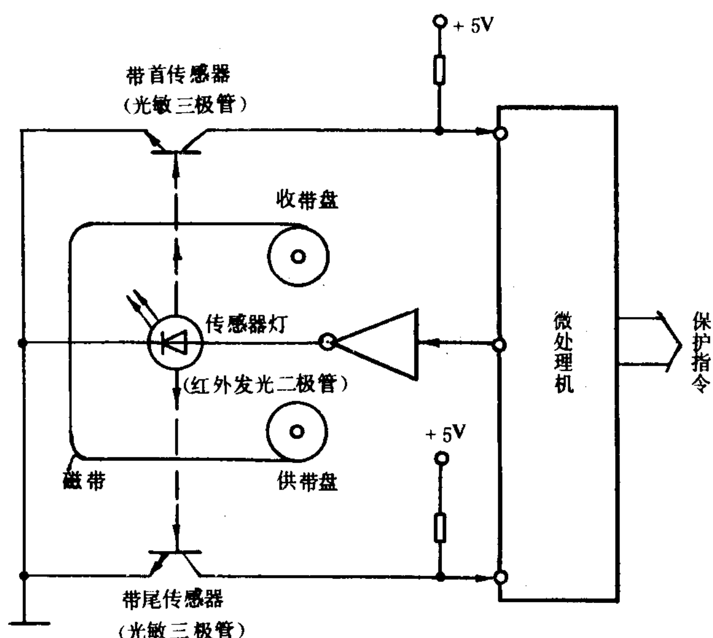


图 6—20 带首、带尾检测

在录像机磁带的首尾两端，分别有一段透明的引导带。传感器灯(光源)装在供带盘和收带盘中间。磁带运行时，传感器灯发出的光向两侧发射，由于磁带的阻挡而不能照射到传感器上。但如果磁带运行到带首或带尾时，灯光将通过透明引导带而照射到带首或带尾的传感器上。该传感器一般采用光电三极管。它接收到传感器灯的光照后，从截止变为导通状态，使微处理机的相应输入口由高电平变为低电平。微处理机检测到该电平即发出停机指令。

早期的录像机传感器灯一般采用小白炽灯泡，可直接用肉眼看到小灯泡发光。目前新型的传感器灯都采用红外线发光二极管。其发出的红外线光谱在可见光谱之外，肉眼看不到。另外，为了省电，通过微处理机控制传感器灯，只有在磁带运行时才通电发光。磁带停止运行时，传感器灯不亮。

4. 潮湿检测

如果环境过于潮湿，或者录像机从温度较低的地方突然搬到温度较高的地方，磁鼓上将会结露。在这种条件下，磁带运行会使磁带粘附在磁鼓上而使磁带和磁头鼓受到损坏。因此，录像机必须作出停机保护。

环境潮湿检测使用的潮湿传感器，其实质是一个湿敏电阻。其电阻值随湿度变化的特性见图6—21。

从特性曲线上可以看出，潮湿传感器只有在湿度很大时(>90%)，电阻值才急剧增加。设计电路时，也大都将潮湿保护起作用的湿度定在90%以上。因此，录像机的潮湿保护，都是指在出现结露时才开始保护，这一点应特别注意。故一般把潮湿保护也叫作结露保护。

潮湿检测的常见电路形式如图6—22所示。

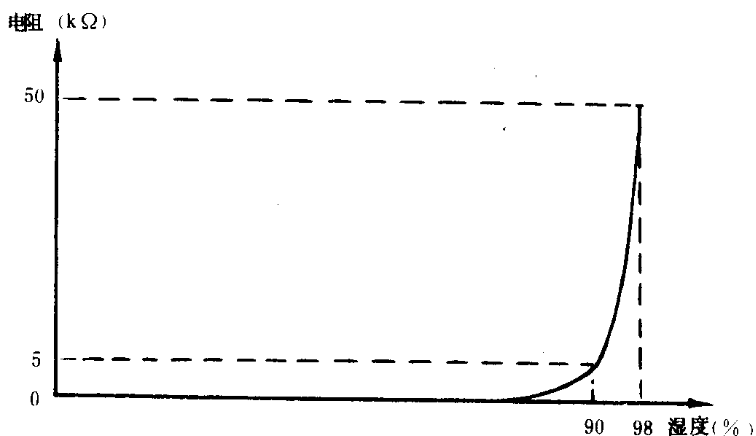


图 6—21 潮湿传感器特性

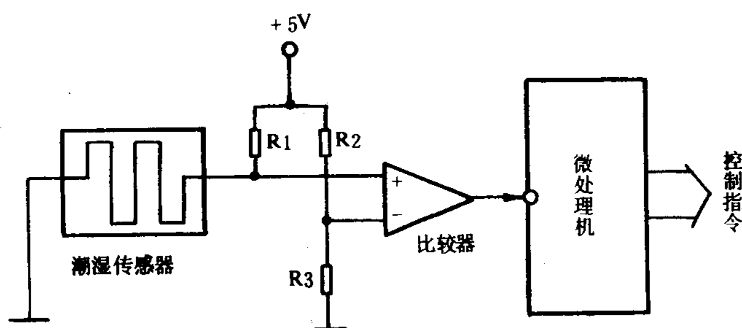


图 6—22　潮湿检测电路

在比较器的负输入端，接有电阻R2、R3组成的分压电路，通过它为比较器提供基准电压。在比较器的正输入端，由R1和潮湿传感器组成分压器提供检测电压，使与基准电压比较。在正常条件下，潮湿传感器的电阻较小，比较器的正输入端电压比负输入端电压低，比较器输出低电平。当环境湿度太大，使录像机磁鼓等结露时，潮湿传感器的电阻急剧增大，最终使比较器的正输入端电压高于负输入端，比较器的输出从低电平变为高电平。微处理机检测到此高电平即发出指令停机保护，同时显示过潮湿(结露)指示，告诉用户不能继续使用录像机了。

5. 供电异常检测

录像机中的大部分电路的供电由5V电源提供，如果5V电源不正常，电压值远离正常值时，会引起电路元器件的损坏以及工作失常。因此，有必要监测供电电源的情况，在超出正常值时使录像机停机保护。

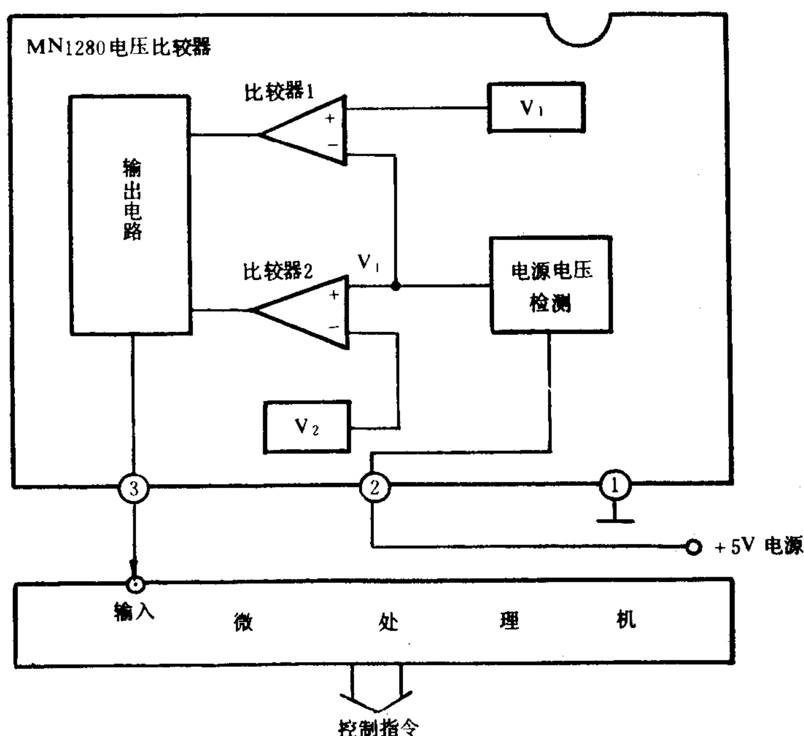


图 6—23　供电异常检测

图6—23是使用MN1280电压比较器集成电路检测电源电压的原理图。

被检测的电源电压由比较器的②脚送入，经电源电压检测器后，产生随电源电压变化的电压V_1，分两路，送入两比较器的正输入端和负输入端。比较器的另一输入端各接有基准电压V1和V2。正常情况下，V1＞V_1＞V2。当5V电压下降时，V_1也下降，如果V_1低于V2，比较器2将输出低电平送到输出电路，并使MN1280的输出端③脚变为低电平。该电平送入微处理机后，通过程序检测后控制录像机停机或断电。

如果5V电压升高，V_1也升高，当V_1高于V1时，比较器1输出低电平，并通过输出电路输出，重复上述过程。

6. 记录安全(防误抹)保护

为了防止录像带上已录的音像内容不被误操作抹掉，录像带上设置了记录安全孔。如果录像带上的节目内容需要保护时，可将记录安全孔上的防误抹挡片去掉。录像机应能识别挡片是否去掉，并在该挡片去掉时禁止记录操作。记录安全保护方式见图6—24。

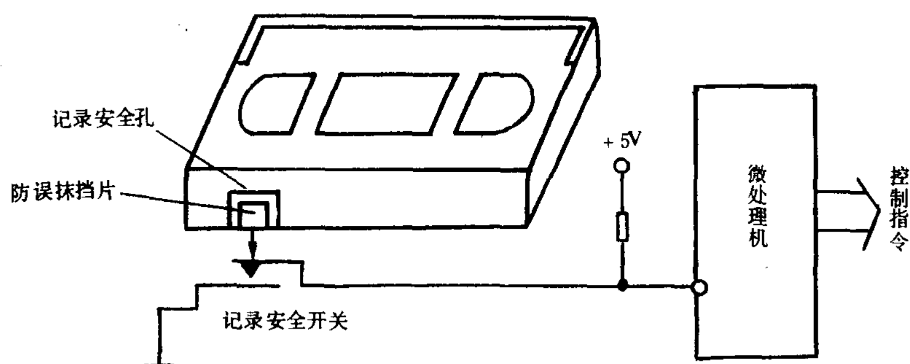


图 6—24 记录安全保护

在录像机的盒带仓中与磁带记录安全孔相对的位置上有一个簧片开关。如果记录安全孔的防误抹挡片未去掉，它正好顶住簧片开关，使其接通。这时微处理机有关输入端接地。如果录像带已去掉挡片，簧片开关将不能接通，微处理机有关输入端变成高电平。这时微处理机会禁止执行任何记录操作。该簧片开关就是记录安全开关。

7. 暂停时间过长保护

无论是记录暂停或是重放静像，均不允许时间过长。因为在这种状态下，磁带静止不动，磁头鼓将不断地摩擦录像带上的同一地方，使视频头和录像带加速磨损。目前设计的录像机要求暂停时间不得超过5分钟，否则将停机保护。

暂停时间过长的保护主要由控制程序来完成。当录像机进入记录暂停或重放静像状态时，程序启动微处理机内部的定时器计时。如果5分钟到，微处理机仍没有收到退出暂停状态的操作命令，程序自动控制录像机进入停机状态。

8. 其它保护检测

除上述各种保护内容之外，还有一些机械动作过程的保护。如盒带插入后5秒钟尚不能进入盒带仓，磁带加载5秒内不能到位等。这些内容的检测通过机械位置和状态开关的通断将信息送入微处理机进行判断。详细过程将在机械控制原理中介绍。需要强调的是，机械动作过程中是否要保护，由控制程序来决定。

6.5.3 红外遥控码的接收与识别

为了方便使用者，录像机都有一个红外线遥控器。使用者按动遥控器上的操作按键，遥控器就发出相应的红外光束。录像机通过红外线光敏二极管接收，经红外线接收器放大、滤波后送入微处理机。微处理器进行识别处理，发出相应指令，控制录像机进行某种操作动作。详细原理参见第十章10.3节。

6.6 机械动作控制原理

录像机机械系统的主要操作对象是录像盒带。当使用者将盒带送入录像机时，机械系统要将盒带送入盒带仓。当需要记录或重放时，又要将磁带从录像盒带中拉出，并包绕在磁头鼓上。此外，还要进行收带、卷带等工作。这些工作都是在控制系统微处理机的指挥下，通过控制电路和驱动电机来完成的。

6.6.1 录像机的机械工作状态

录像机在正常工作时，机械系统有以下三种主要工作状态：

1. 盒带起弹(出盒)状态

指当录像盒带未插入录像机或盒带从录像机盒带仓弹出后的机械系统所处的状态。如果在该状态下推入盒带，录像机会自动把盒带送入盒带仓。

2. 盒带卸载(卸带)状态

指录像机插入盒带后，盒带传动机构将盒带送入盒带仓时的机械状态。这时磁带尚未被拉出带盒，更未包绕上磁头鼓。当重放或记录停止后，磁带被收回磁带盒时的机械状态也进入卸载状态。

3. 盒带加载(挂带)状态

在放像或记录时，视、音频磁头要扫描录像磁带。这时，机械系统将磁带从磁带盒中拉出，并把磁带包绕在磁头鼓上。这时的状态就是加载状态(或叫挂带、穿带状态)。在这一状态下，除录像机处于记录暂停或静像时外，一般磁带都在连续走带。在若干型号机上还有半加载状态。在这一状态时磁带从磁头鼓上退下，但不全收入带盒内。

录像机的三种机械状态，代表了录像盒带的不同状态和位置。起弹状态——盒带未进入盒带仓；卸载状态——盒带在盒带仓内，但未被拉出；加载状态——磁带从带盒中拉出并包绕在磁头鼓上(半加载状态则被拉出，但未包绕在鼓上)。

录像机进行不同的工作时，机械状态还有进一步的差别。例如：停机状态时，录像机可以进行正向或反向绕带；在加载状态时，录像机可以进行图像搜索、倒放及静像等。在图像搜索状态时，由于走带速度高于正常带速数倍，若仍用主导轴带动磁带运行困难较大。所以一般录像机均在图像搜索时将压带轮与主导轴脱开，使主导轴不再带动磁带运行，而改用收带盘带动磁带运行。有关详情请参考机械系统一章。

控制系统的微处理机检测各机械状态是否到位，主要依靠机械结构上设置的机械位置开关、机械状态开关及一些传感器。当录像机从一种机械状态向另一种机械状态转换时，微处理机通过检测各种开关的状态信息来控制机械状态的转换。以下各节介绍具体的检测与控制原理。

6.6.2 盒带装带和起弹控制

当录像盒带插入录像机时，录像机应自动地将盒带送入盒带仓且到位；当需要起弹(出盒)时，录像机应自动地将盒带送出录像机。录像机对上述过程的控制原理见图6—25。

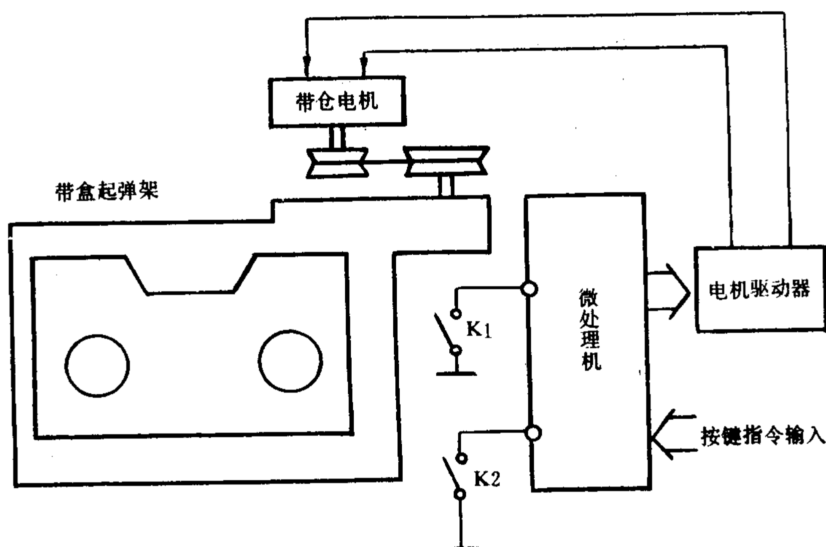


图 6—25 盒带装带控制

图中盒带的位置由开关K1、K2检测。因不同型号录像机的机械结构设计不同，其位置开关的设置也多种多样。一般使用2～3个位置开关完成检测任务。其中最重要的是检测盒带是否推入录像机以及盒带进入盒带仓是否到位。表6—5

是位置开关的开合情况。

表 6—5　位置开关的开合情况

开关 ＼ 开关状态 ＼ 盒带位置	未推入	推入	装带中	到位
K1	合	开	开	合
K2	合	合	开	开

位置开关K1、K2的开合情况是由机械结构决定的。未推入盒带前，K1、K2均闭合。当盒带向盒带仓内推入时K1断开；盒带进入盒带仓的过程中K1、K2均断开；盒带进入盒带仓到位后，K1重新闭合。微处理机就是通过检测K1、K2开关的开合情况来了解盒带的位置情况，以便控制带仓电机工作。图6—26是盒带装带时的微处理机控制程序。

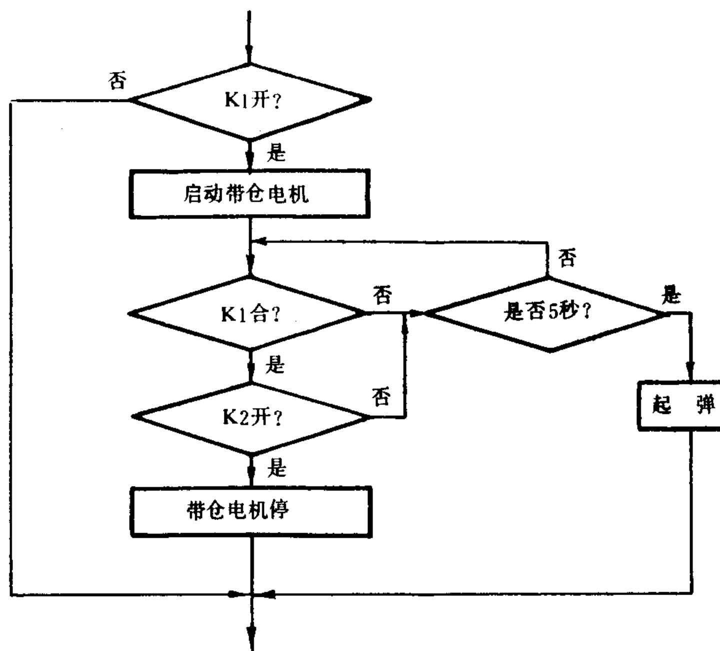


图 6—26　盒带装带流程

推入盒带后，使K1断开，程序启动带仓电机正转，带动盒带进入盒带仓。这时程序不断地判断K1是否闭合，同时进行程序计时。如果在5秒之内K1闭合，K2处于断开状态，说明盒带已进入盒带仓到位，程序控制带仓电机停转，装带过程结束。如果盒带装带后5秒，K1仍不能闭合，程序将启动起弹程序段，把盒带重新弹出。5秒延时的措施是必需的，其目的是防止机械出现故障或带仓中有异物时，保护电机和盒带以免损坏。盒带装带和起弹的检测方法很多。图6—27是另一种使用机械状态开关的控制方法。

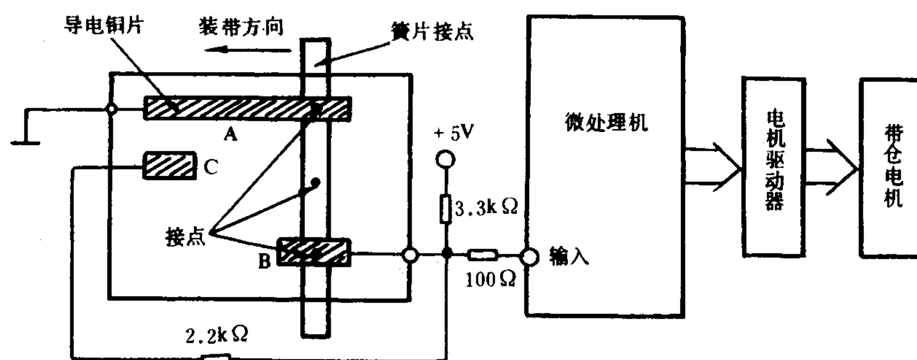


图 6—27　机械状态开关检测

机械状态开关实际上是一组簧片开关，其输出状态可以代表多种机械状态。图6—27所示

机械状态开关有3个导电铜片。带仓电机转动时，带动一个簧片接点在导电铜片上滑动，导电铜片处在不同的位置，接通不同的导电铜片。如图所示，盒带处于起弹位置时，簧片接点将铜片A与B连通。这时微处理机输入端为低电平。当使用者推入盒带时，簧片接点向装带方向滑动，使铜片A与B脱开。这时微处理机输入端为高电平。这时微处理机将控制带仓电机转动，带动盒带进入盒带仓。在盒带进入装带过程后，机械状态开关的簧片向装带方向滑动，直到A铜片与C铜片连通，表示盒带已进入盒带仓。这时微处理机输入端相当于2V中电平。采用这种方式检测的微处理机的输入端必须是专用端口。它可检测高电平、低电平、中电平三种状态。该端口的中电平是通过C铜片接地后，2.2kΩ电阻与3.3kΩ电阻分压而产生的。分压值为2V。微处理机检测到2V中电平后，使带仓电机停转，完成盒带装带过程。

机械状态开关检测方法只占微处理机一个端口，比两个位置开关的方法节省一个端口。

还有一种常用的组合检测方法，也只占用微处理机的一个端口。其原理见图6—28。

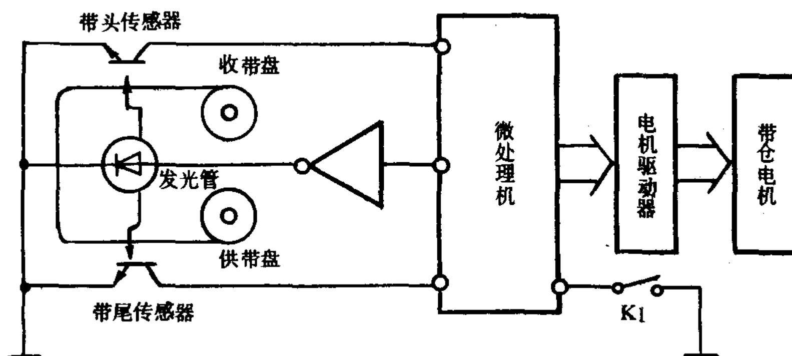


图 6—28 组合检测

当推入盒带时，K1开关闭合，微处理机控制带仓电机带动盒带装带。同时微处理机利用带头、带尾检测电路，使红外发光管发光。在盒带未进入盒带仓之前，红外光被带头、带尾传感器接收；当盒带进入盒带仓之后，磁带挡住了传感器接收红外光的路径，传感器由于收不到红外光而截止。微处理机检测到这一信息，使带仓电机停转。

综上所述，盒带装带的检测是多种多样的。但总的来说，无非是要检测出盒带是否处于起弹位置、是否推入，以及是否进入盒带仓。为达到上述目的，当然还可有更多的方法。

6.6.3 磁带加载(挂带)和卸载(卸带)控制

磁带的加载和卸载通过加载电机驱动及加载臂来完成。但是加载电机的任务并不仅仅驱动磁带加载和卸载，它还带动有关齿轮和机械连杆，改变机械的工作状态。显然，机械系统的状态与加载电机有密切的关系。加载电机工作时，通过机械连杆带动专用的机械状态开关。机械系统处于不同的状态时，机械状态开关的状态也不同。微处理机根据接收到的操作指令以及检测机械状态开关的位置来决定加载电机的起动及停止。由于不同的录像机的机械结构差异较大，一般机械状态开关的形式也很不相同。目前最常用的是机械触点式开关，如图6—29所示。下面我们结合控制原理加以介绍。

该组机械状态开关有四组导电铜片(即图中的斜线区域)。当加载电机转动时，带动与导电铜片垂直的簧片接点滑动。簧片接点的位置不同，将不同的导电铜片接地，机械状态开关的输出端S1、S2、S3就有不同的电平。这些不同的电平组合反映了录像机所处的不同的工作状态。各种工作状态所对应的机械开关状态可参见表6—6。

如果在停机时，微处理机接收到重放的操作指令，微处理机即起动加载电机进行加载。同时，图6—29所示的簧片接点也向左方移动，一直移到表6—6所示的重放位置，即S1低、S2低、

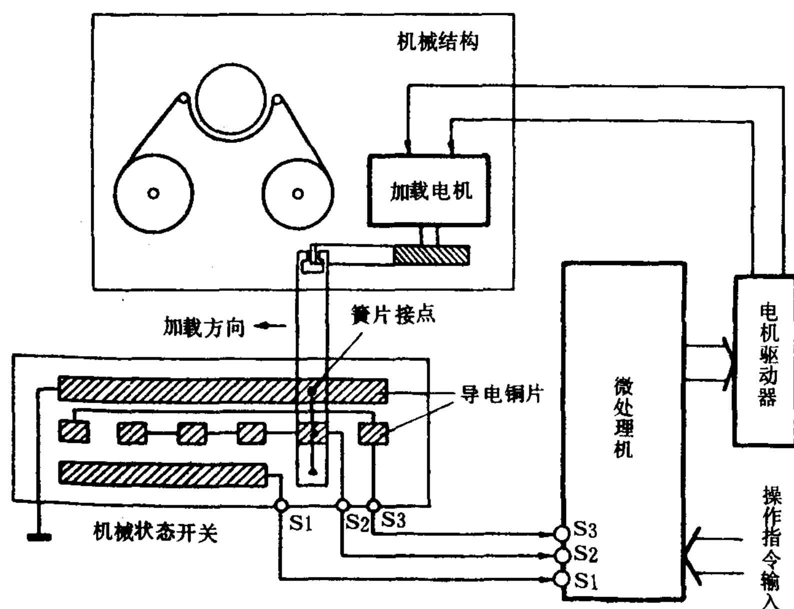


图 6—29 加载和卸载控制

S3高的情况。该状态开关送入微处理机，代表加载到位。随后，微处理机控制加载电机停转。需要卸载时，加载电机反转，簧片接点也向反方向移动，一直移动到表6—6中停机位置：S1低、S2高、S3低，也就是卸载到位，微处理机控制加载电机停转。无论录像机进入何种工作状态，机械状态开关的簧片接点也跟着移动到表6—6所示的相应位置。由此可见，加载电机的转动及停转，实际上受控于机械状态开关。

表 6—6　　机械开关状态

电平及开关状态输出端 \ 工作状态	重放/记录	搜索	暂停	停机	起弹	快进/倒带
S1电平	L	L	L	L	H	H
S2电平	L	H	H	H	H	L
S3电平	H	L	L	L	L	H

注：L：低电平，H：高压平

表6—6中，重放、记录、搜索、暂停都属于加载状态，停机、快进、倒带属于卸载状态；起弹则属于起弹状态。至于与机械状态开关相关联的具体机械状态，读者可参考机械系统一章。

有些录像机倾向于将机械状态开关做成环形。这样的机械状态开关可以由齿轮直接带动，而省去了部分机械连杆。图6—30是这种机械状态开关的一个例子。

环形机械状态开关的中间是一个圆形铜片，与地线相连。环绕圆形铜片有四组弧形铜片。滑动接点以圆心为轴随加载过程而转动，滑动接点转动到不同的弧形铜片，就将该铜片与地相接。在机械状态开关的端点 SWA 和 SWB 上，会产生高、中、低三种电平情况。中

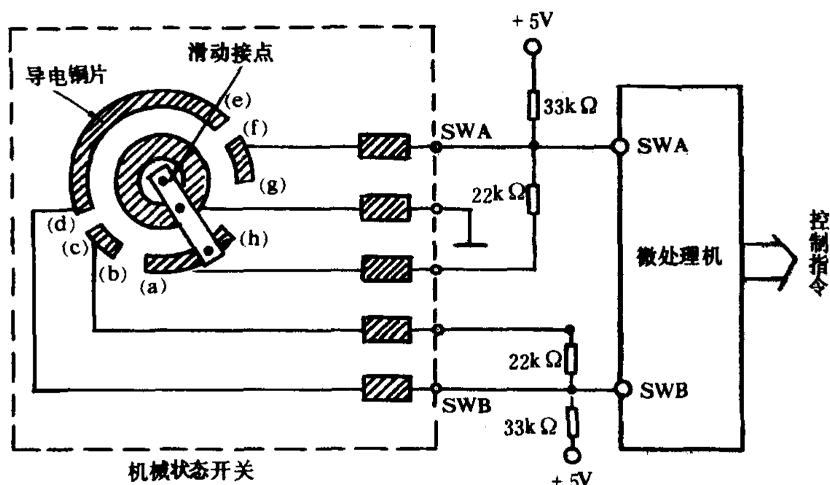


图 6—30 环形开关控制方式

电平是通过22K电阻接地，并与33K电阻分压后产生的，其值为2V。接收这种机械状态开关信息的微处理机必须具备能检测输入端口高、中、低三种电平的能力。图6—31示出了滑动接点旋转一周过程中SWA、SWB所对应的电平情况以及所代表的机械状态。

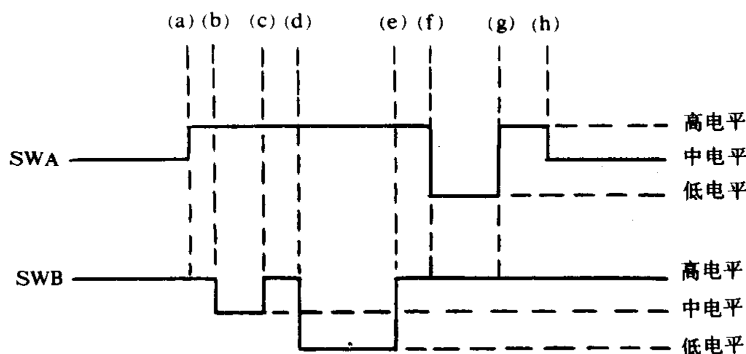


图 6—31 开关状态图

(a)、(b)、(c)、(d)、(e)、(f)、(g)、(h)相应代表弧形铜片边缘的位置。如图所示，停机、快进、倒带时，滑动接点与(b)～(c)间铜片相接，机械系统处于卸载状态；重放、记录、搜索、暂停时，滑动接点与(f)～(g)间铜片相接，机械系统处于加载状态。其它滑动接点的位置主要用于机械状态转换过程中的定位。在控制程序的控制下，根据机械状态开关不同位置的变化，电机将自如地带动磁带加载、卸载以及其它各种操作。

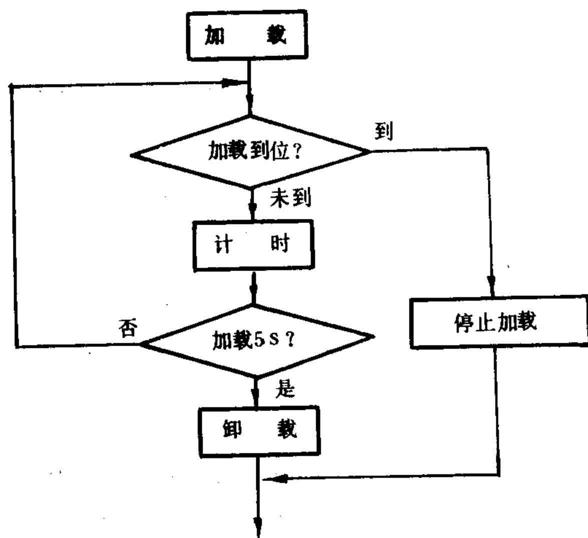


图 6—32 加载保护流程

应当指出，录像机在加载过程中应具备保护功能。当机械系统出现故障或掉入异物使磁带不能加载时，微处理机应停止继续加载并重新卸载。这种保护功能通过程序来完成，如图6—32流程所示。

控制程序在加载后开始计时，如果在5s之内加载完成（机械状态开关到达加载位置），则程序继续执行；如5s内仍不能加载到位，控制程序将停止加载并进入卸载状态，以保护磁带和电机。

控制系统控制磁带加载和卸载的过程中，机械状态开关扮演了重要的角色，其质量的好坏，直接影响到控制系统的可靠性。机械触点式机械状态开关虽然造价低，但长期使用容易老化，引起接触不良。所以，有的录像机采用光电式机械状态开关。其基本原理是设置几组发光二极管和光敏三极管。发光管和接收管之间用带有透光孔的圆盘隔离。加载时电机带动圆盘转动，圆盘位置不同，有的光敏三极管受光导通而有的则未受光而截止，微处理机根据哪几个光电管的导通情况判断录像机所处的不同工作状态。

为了提高整机的可靠性，除了加强机械状态开关的可靠性之外，控制程序还应注意，当机械状态开关发生故障或接触不良时，控制程序要能区别各种情况，执行必要的操作，以保护机械系统、磁带和电机，使其不受损坏。这就要求编程时注意可能出现的各种情况，并控制程序流程以免造成混乱。

6.6.4 磁带运行控制

录像机的磁带运行方式有多种。在卸载状态，磁带可进行正向和反向快速绕带，在加载状

态，磁带可在正常重放、搜索、慢放等多种速度下运行。为了保证录像机在记录或放像时具有稳定的速度且保持与磁鼓严格的对应关系，录像机中设计了主导轴电机和磁鼓电机两种伺服系统。在伺服系统的作用下，视频磁头准确地将信号记录在磁带上或从磁带上读出。与此不同的是，录像机在磁带快速绕带时并不拾取电信号，所以相对来说走带时并不要求很稳定，但应能变速和换向，以保证可向正、反方向绕带。在有独立的带盘电机的录像机中，快速绕带主要由带盘电机来驱动。另外，录像机记录或重放时，要求带盘电机带动收带盘及时收带。在图像搜索状态时，磁带运行速度高于正常速度，收带盘旋转速度也要高于正常速度。显然，为保证录像磁带的运行要求，带盘电机应能提供几种转速。图6—33是带盘电机的控制系统图。

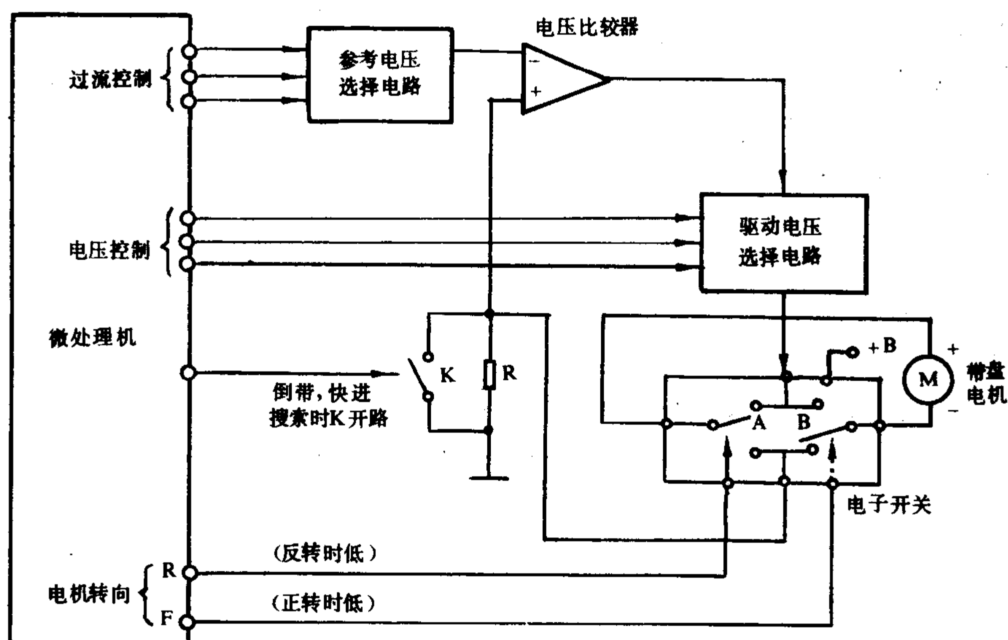


图 6—33 带盘电机控制方式

带盘电机由可变换输出极性的电机驱动器带动。如果微处理机送出的电机转向控制信号F为低电平，R为高电平，则电机驱动器内部切换开关A切向上方，切换开关B切向下方，电机两端加正电压，电机正转。反之则电机反转。电机转速的大小取决于所加电压的高低，由微处理机控制驱动电压选择电路确定。在快速绕带和图像搜索状态中，为了防止电机负载过重，设置了限流保护电路。微处理机通过参考电压选择电路为电压比较器提供参考电压。电阻R与电机串连接地。电机的负载越重，流过电机的电流越大，在电阻R上的压降就越高。该电压加到电压比较器的正端。如果电阻R上的电压降超过参考电压值，比较器的输出将从低电平变为高电平，并控制驱动电压选择电路降低驱动电压。在正常重放等电机低速旋转的状态下，微处理机控制开关K闭合，将电阻R短路，电阻上的压降为0，从而取消限流保护。

使用独立的带盘电机的录像机具有便于控制的优点，但增加了一个电机，会增加机器的造价。因此，很多录像机并不设带盘电机，其驱动磁带运行的功能由主导轴电机来完成。微处理机通过向主导伺服电路传送相应的控制命令，改变主导伺服系统的工作状态，使其带动带盘旋转。

除了上述磁带运行控制外，为了减少电机的数量，部分型号的录像机还通过微处理机控制有关电磁螺线管（电磁铁）切换机械状态，使主导电机带动不同的齿轮，以完成不同的功能。有关螺线管机械状态的转换可参考机械系统一章。在具有独立的带盘电机、带仓电机和加载电机

的录像机中，机械系统不需要这样的电磁螺线管转换。

电磁螺线管的驱动电路见图6—34。

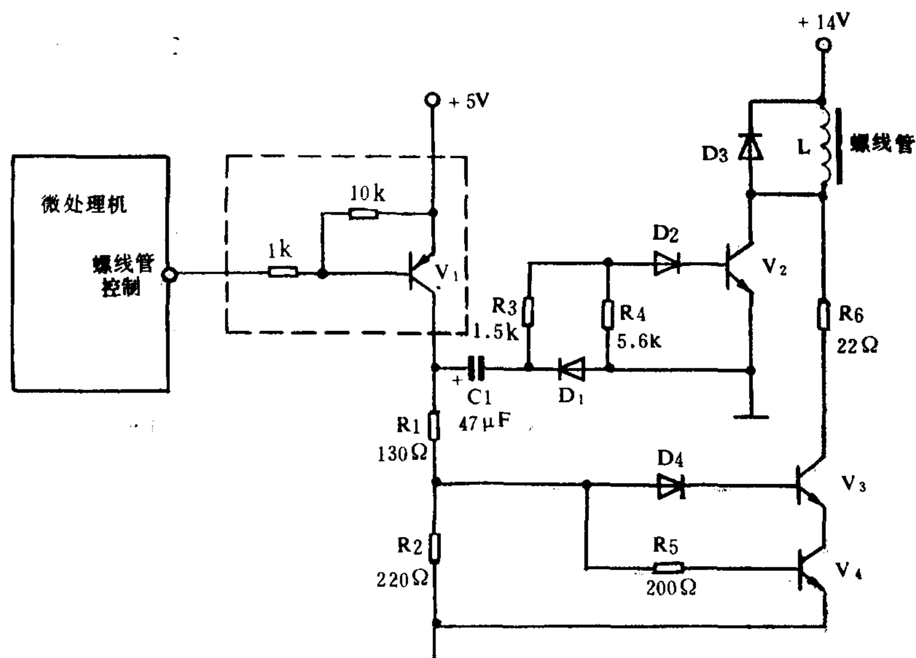


图 6—34 螺线管驱动电路

螺线管需要驱动时，微处理机螺线管控制端输出低电平，晶体管 V1导通，其集电极跳到5V 高电平，电容器 C1的负端也随之跳到5V(瞬时)。该电压通过 R3、D2加到 V2基极，使其导通。螺线管 L 两端相当于直接加上14V 电压，线圈电流将大幅度增加，螺线管动作。但随着电容 C1逐渐充电，电容负端的电压不断下降，最终使 V2截止。V2导通的时间一般在0. 1s 左右。随后，螺线管的电流将通过 R6、V3、V4入地。V3、V4晶体管的导通也是在 V1导通时开始的。由于 V1导通，其集电极电路中的 R2上的压降为上正下负，使 V3、V4导通。

通过以上分析，我们可以了解螺线管的驱动过程。在前0. 1s，由于 V2的导通，使螺线管中通过比较强的电流，0. 1s 后，V2截止，螺线管中的电流减小。在前0. 1s 增加电流的目的是使螺线管可靠地起动。因其起动电流比保持电流大。

当录像机从走带状态转入停止状态时，需要对供、卷带盘刹车制动。录像机的刹车制动有机械刹车和电动刹车两种。机械刹车通过机械连杆带动刹车装置进行刹车，电动刹车则采用电磁刹车线圈完成。通过电磁刹车线圈的电流越大。其刹车力矩越大，反之则小。一般可由微处理机控制实现强刹、中刹、弱刹三种刹车状态。图6—35是电动刹车的控制原理图。

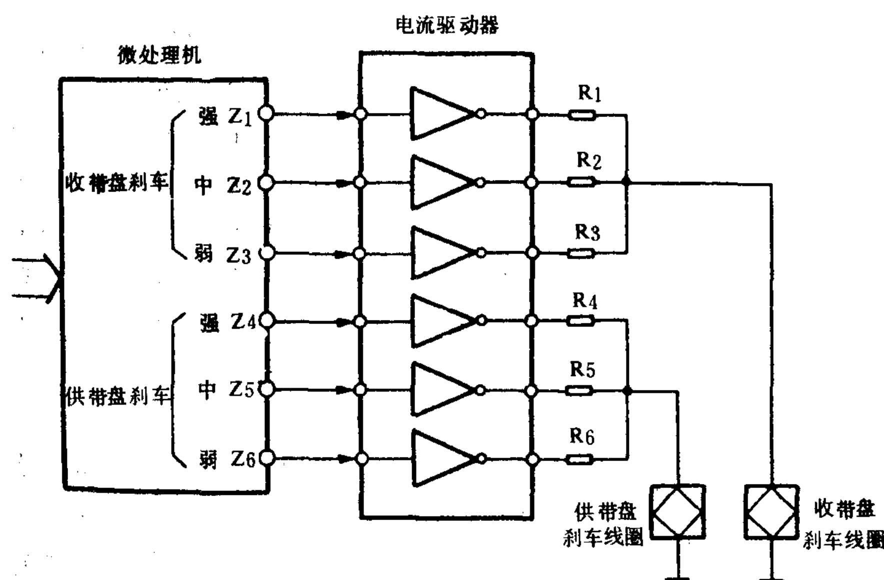


图 6—35 电磁刹车控制原理图

微处理机通过6个输出端口分别控制供带盘和收带盘的刹车线圈。图中电阻 R3＞R2＞R1，R6＞R5＞R4。当微处理机 Z1端低电平时，电流驱动器通过电阻 R1为收带盘刹车提供电

流。由于R1阻值最小，因而流过线圈电流最大，是收带盘强刹车。根据同样道理，当Z2端为低电平时，是收带盘中刹车；而Z3端为低电平时，是收带盘弱刹车。供带盘的刹车情况与收带盘相同。

6.6.5 磁带半加载方式

磁带的半加载方式是一种新型的控制走带方式。具有这种方式的机械系统没有传统的卸载状态。在盒带进入盒带仓后，加载臂就将磁带拉出一部分，使磁带能够与音频和控制磁头接触，但又不包绕在磁鼓上。这样做的目的是为了在快速绕带时，磁带既不与磁鼓接触，又能通过音频和控制磁头拾取磁带上的信号。由于磁带运行时基本不接触磁鼓，减少了磁带的摩擦力，从而减小磁头及磁带的磨损。因此机械系统可以在半加载状态下快速绕带。在绕带过程中，利用音频和控制磁头可以拾取预先记录到磁带上的控制信息，录像机就可以实现图像寻找（检索）、定时绕带、目录寻找（检索）等智能绕带功能。

录像机在记录图像信号时，预先把图像目录标志或控制数据记录到控制磁迹或声音磁迹上。对于简单的片头寻找功能，只要在图像信号的开头将控制脉冲加宽并记录到控制磁迹上。寻找时通过微处理机不断地检测控制脉冲的宽度，就可以很容易地找到片头。

利用半加载方式，录像机还可以根据使用者的要求给定快速绕带的时间，例如倒带10分钟。快进15分钟等。这种定时绕带的功能的实现可以利用微处理机计数控制脉冲的个数，换算控制脉冲与正常重放时间的关系，得到绕带的时间。控制脉冲的个数与磁带正常重放时间的关系由下式决定。

$$T=KC$$

式中，T：磁带正常重放时间，

C：控制脉冲个数，

K：0.04s，正常重放时控制脉冲间隔时间。

机械系统的半加载方式使实现智能绕带功能成为可能。同时，并不增加电路的复杂性。对绕带的智能控制主要通过微处理机内部灵活的控制程序处理。程序控制录像机的音频或控制磁头，将必要的信息记录到音频或控制磁迹上，并在绕带时拾取这些信息。在此基础上，设计者可以通过程序的分析判断能力编制出多种智能绕带功能。基于上述优点，目前的家用录像机已越来越多地采用具有半加载功能的机械系统。读者可阅读机械系统一章对其进行更进一步的了解。

6.7 电路控制原理

录像机在进行不同的工作时，控制系统除了需要转换机械系统的工作状态外，还要对相应的电路进行切换。对电路的切换过程是通过微处理机输出相应的控制电平控制不同的电子切换开关来完成的。

6.7.1 对视、音频电路的切换

当录像机处于某种工作状态时，要求视、音频电路也处于相应的工作状态。虽然各种型号的录像机的视、音频电路各不相同，但其基本的控制内容是相同的。图6—36示出了视、音频电路的基本控制内容。

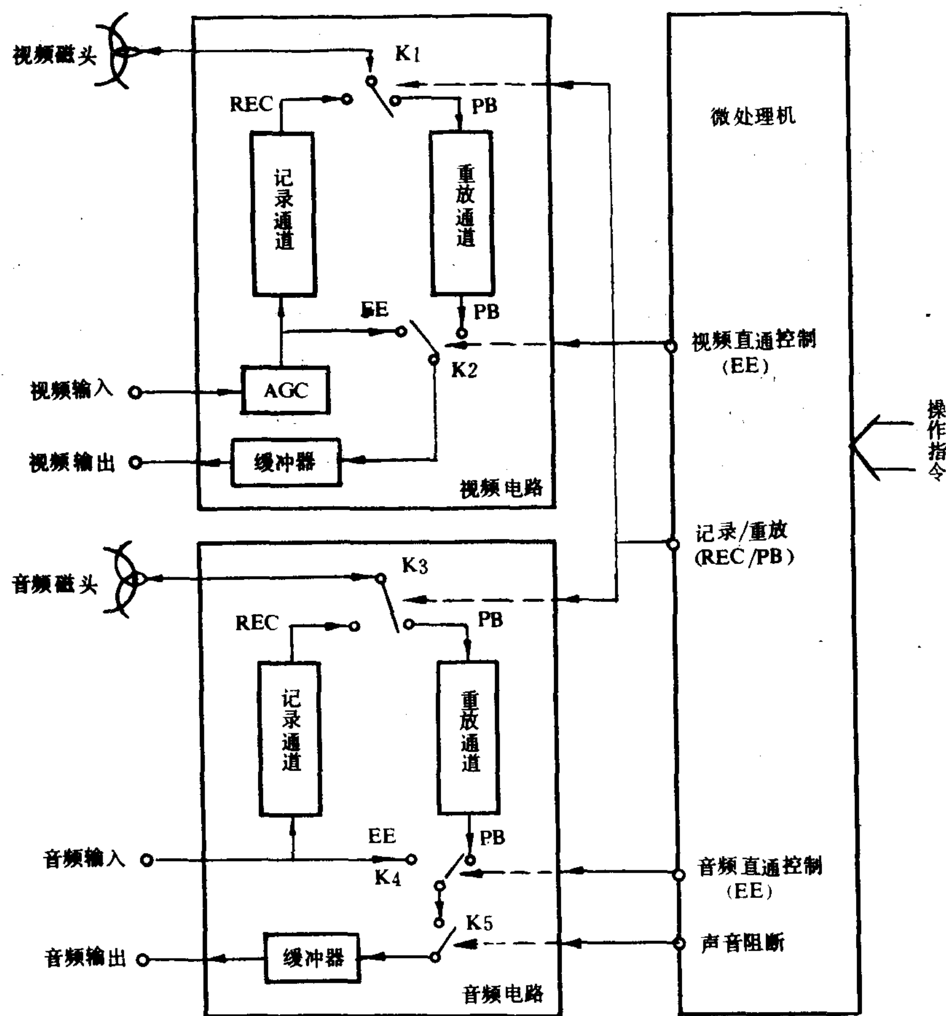


图 6—36 视音频电路控制方框图

1. 记录/重放控制

这是视、音频电路最重要的控制信号，用于电路记录与重放状态的转换。在记录状态时，K1、K3电子开关拨至 REC 侧，记录通道工作，视、音频电路将外来的图像和声音信号记录到磁带上；在重放状态时，K1、K3电子开关拨至 PB 侧，重放通道工作，将视、音频磁头从磁带上读取的视频和音频信号从录像机输出。一般来说，实际电路中，记录/重放控制信号要控制多个电子切换开关来改变记录通道或重放通道的通路。

2. 直通(E—E)控制

录像机在重放状态时，从录像磁带上拾取的视、音频信号将从视、音频输出端送出。在录像机记录、停机、绕带等非重放状态时，为了方便使用者，只要有外输入视、音频信号，视、音频输出端就应有相应的视、音频输出信号。使用者借此可以监看正在记录的图像信号以及视、音频信号是否已引入录像机。控制上述切换的控制信号就叫做直通控制或电—电(E—E)。这时图6—36中 K2、K4、K5倒向 EE 侧。重放状态时，直通控制端控制 EE 电子开关 K2、K4倒至重放(PB)一端，视频磁头拾取图像信号经视频重放通道处理后通过 EE 电子开关进入缓冲器，最后从视频输出端送出。音频磁头拾取的声音信号，经音频重放通道处理后，通过 K4、K5进入缓冲器，从音频输出端送出。在非重放状态，直通控制端控制 EE 电子开关 K2、K4倒至 EE 端，视频输入信号经 AGC 自动增益控制电路后，通过 EE 开关，一路经缓冲器直接从视频输出端送出，

另一路进入记录通道。如果是记录状态，视频信号将被记录通道处理后，送到视频磁头记录到磁带上。音频电路的切换与视频相似。当然，所谓直通输出是指原信号无畸变地传输而言。实际电路中，视、音频信号一般要经过必要的 AGC 电路或由放大器及跟随器组成的缓冲器后再从录像机视频输出端送出。

3. 声音阻断控制

录像机处于图像搜索或静像工作状态时，磁带以几倍于正常的速度运行或静止不动。这时，为了避免声音通道输出畸变的声音信号或噪音，必须将音频通道切断，故有的也叫“静噪”。恢复正常重放时，再把音频信号接通。这就是声音阻断控制。

图6—39中利用微处理机送出的声音阻断控制信号，使电子开关 K5断开，使音频输出端没有声音信号。

在实际电路中，微处理机送到视、音频电路控制端的电平情况代表了视、音频电路所应进行的电路切换。一项控制内容视具体电路形式的不同可能有一个或多个控制端。另外，各种录像机还可能有一些扩展功能的控制。这些内容都需要针对具体的录像机电路加以分析。

6.7.2 对伺服电路的控制

录像机的伺服系统一般有鼓伺服系统和主导伺服系统。伺服系统是一个自动控制系统。在记录时，它使走带速度稳定，并通过磁头鼓将视频信号准确地记录到磁带规定区域上；在重放时，使磁头准确地扫描磁带上的视频磁迹。伺服系统的控制环路在记录或重放时是不同的。控制系统要通过转换部分电子开关的状态来改变伺服系统的工作环路。图6—37示出了控制系统对伺服系统的基本控制关系。

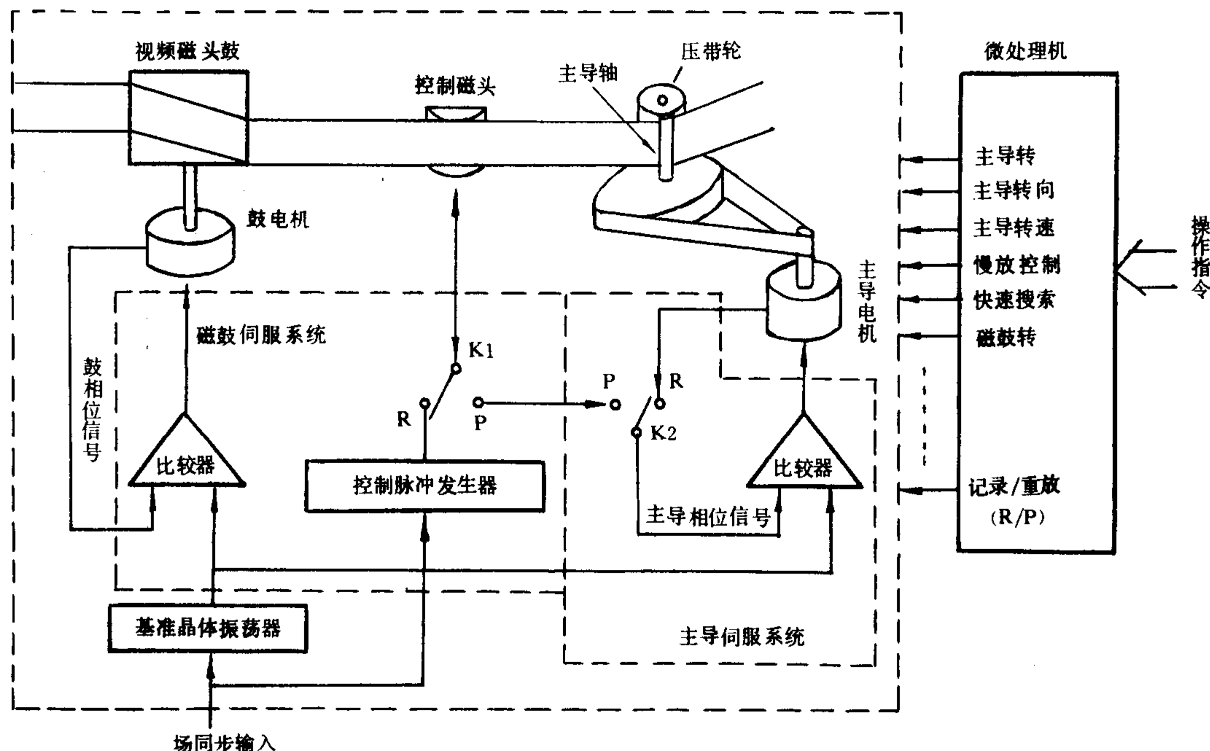


图 6—37 伺服系统基本切换

微处理机根据接收到的操作指令控制伺服系统的切换状态。其中最重要的是记录/重放切换。在记录时，记录/重放电平使 K1、K2都接到记录侧(R)，主导轴伺服系统将基准晶体振荡器

的信号加至比较器的一个输入端与经K2送来的主导相位信号(加至比较器另一输入端)进行比较。比较器输出的误差电压去控制主导电机以保证主导轴与基准信号源锁定。由于基准晶体振荡器被外来的场同步信号锁相,因此鼓伺服系统也与外视频信号的场同步锁相。同时,外来视频信号经控制脉冲发生器转换为控制信号,通过K1切换开关送到控制磁头,作为控制信号记录到磁带上。在重放时,K1、K2分别接到重放侧(P)。这时,控制磁头拾取的控制脉冲经K1、K2送入主导伺服比较器与由基准晶体振荡器送来的信号进行比较,产生的误差信号控制主导电机,以保证控制脉冲与基准晶体振荡源锁相。由于鼓伺服系统始终与同一个基准晶体振荡源锁相,因此鼓伺服系统也就始终与主导伺服系统锁相。录像机的伺服系统正是通过上述关系把磁头、磁带的相对关系锁定在一起的。记录和重放是控制系统对伺服系统的基本切换。在实际电路中切换开关远不止两个,切换方式也不尽相同,但基本切换原理大同小异。除上述基本切换外,控制系统还对伺服系统有一些其它的控制,常见的有以下几种。

① 磁鼓控制:控制磁鼓电机的转动和停止。

② 主导轴控制:控制主导电机的转动和停止。

③ 主导轴转向控制:控制主导电机改变旋转方向。

④ 主导轴转速控制:控制主导电机的转速。

⑤ 慢放控制:控制伺服系统工作于慢放状态。

⑥ 快速图像搜索控制:控制带速增加至正常速度的数倍,进入搜索状态。

⑦ 快速绕带控制:控制主导电机驱动带盘绕带。

除上述控制内容之外,各种录像机还有一些特殊功能的控制,可参见伺服系统一章。

6.7.3 微处理机的串行数据通信

在使用多片微处理机以及数字伺服系统的录像机中,微处理机在互相间和向外传递数据信息时,为了节省输入输出口,一般均采用串行数据传输方式。用于传输串行数据的串行接口有三个端点:串行时钟口、串行数据输入口及串行数据输出口。串行时钟口发出一组组时钟脉冲,通常为8个脉冲一组。串行时钟的作用是同步输入或输出数据。接收端可根据约定在串行时钟的上升沿或下降沿时读入串行数据。图6—38是串行接口的输入/输出定时图。

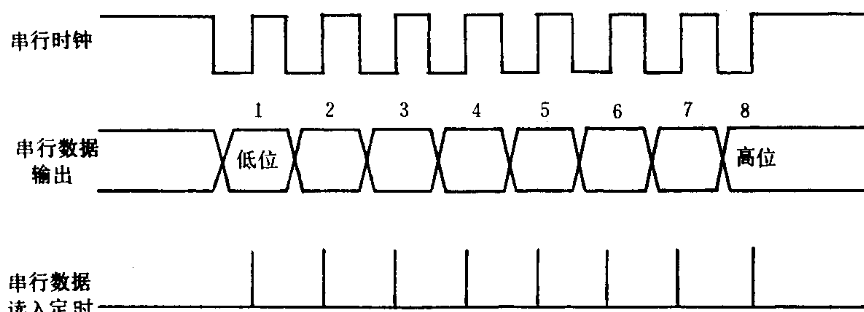


图 6—38　串行接口定时图

图中数据在8个串行时钟的同步下,输出一组8位数据。在接收端,每一位数据都要在串行时钟的上升沿读入。数据的第1位为低位,第8位为高位。由于串行数据每次传输时数值是多变的,因此图中的串行数据的波形的每一位都画出了高电平和低电平的情况。这是计算机技术中的串行数据的通用画法。

串行数据传输的实际应用增加了微处理机程序的复杂性,但却减少了外部引线和电路,因此得到了广泛的使用。图6—39是实际电路中的一个例子。

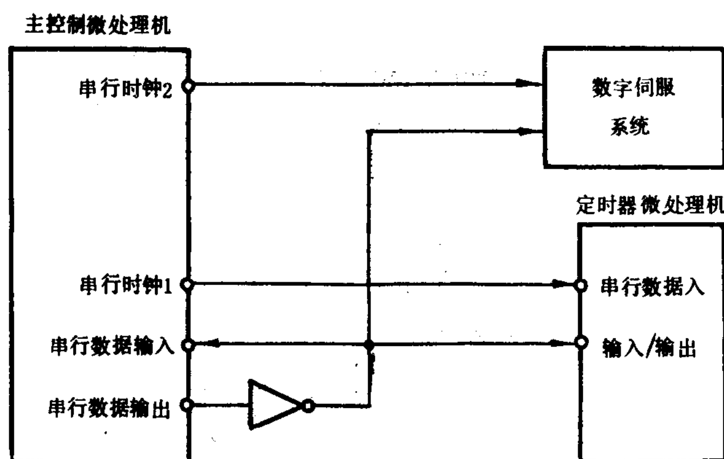


图 6—39　串行数据传输

如图所示，主控制微处理机输出两路串行时钟，一路送数字伺服系统，另一路送定时器微处理机。串行数据线与两微处理机和数字伺服系统相连。两微处理机间的串行数据是双向的，而主控制微处理机与数字伺服系统之间则是单向的，只是主控制微处理机向数字伺服系统发送控制数据。

如图6—40所示，串行数据口上的串行数据共11组，每组为8位2进制码。其中A组和B组是送给数字伺服系统的数据。伺服系统根据串

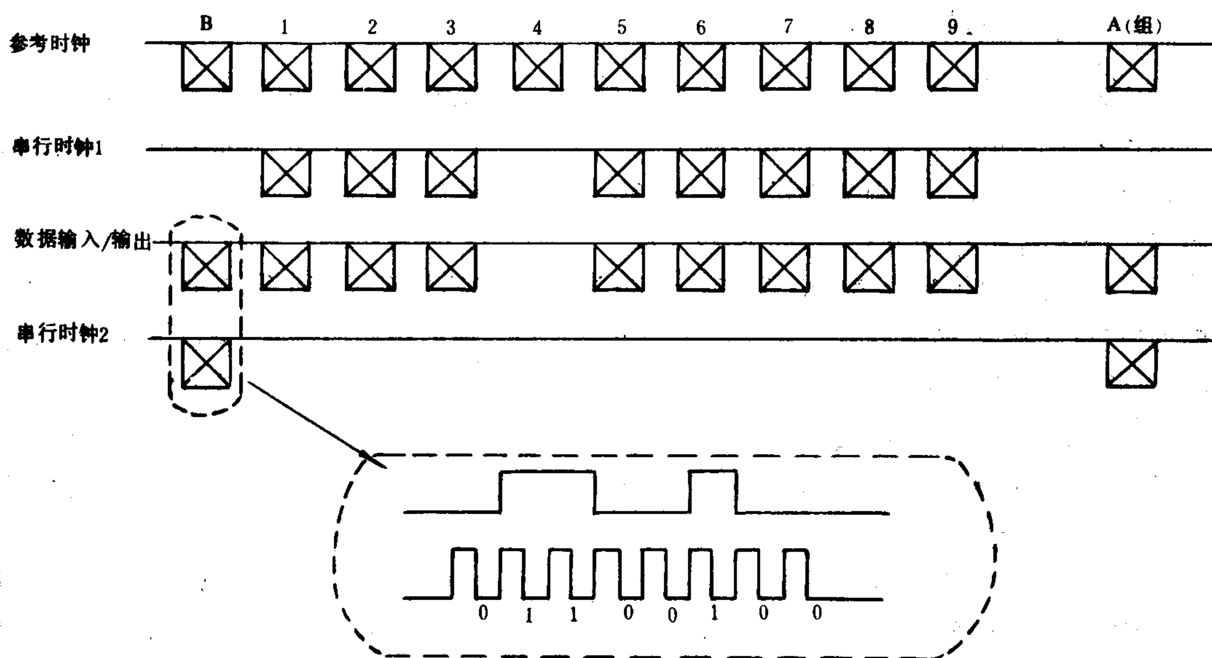


图 6—40　串行数据定时图

行时钟2定时同步接收。第4组未用，其余组是与定时器微处理机之间的通信数据。串行数据依据串行时钟的下降沿定时读入。图中虚线框中举例的串行数据为01100100。各组8位数据的传输方向列于表6—7。

微处理机串行数据传输方向是根据设计者事先约定的，由控制程序控制传输，双向数据传输的时间关系都与同一串行时钟同步。

图6—39中，定时器微处理机与串行数据线相连的端口是双向口，即可接收数据码，也可发送数据码。输入与输出口的变换完全由内部程序控制。定时器微处理机向主控制微处理机回送串行数据的同步串行脉冲使用主控制微处理机发出的串行脉冲。这与主控制微处理机发送串行数据使用本身发出的同步串行时钟不同。上述的串行数据传输方法也完全由内部程序控制完成。

表 6—7 各组数据传输方向

数据 B	主控制微机——→伺服系统
数据1	主控制微机——→定时器微机
数据2	主控制微机←——定时器微机
数据3	主控制微机←——定时器微机
数据4	主控制微机——→定时器微机
数据5	主控制微机——→定时器微机
数据6	主控制微机——→定时器微机
数据7	主控制微机——→定时器微机
数据8	主控制微机——→定时器微机
数据9	主控制微机——→定时器微机
数据 A	主控制微机——→伺服系统

6.7.4 简单编辑功能的实现

无论是用录像机进行现场录像或是进行图像剪辑和编辑，都需要记录暂停功能。新型的录像机都具备这一功能。如果录像机在记录暂停状态下开始记录，要求新记录的视频磁迹与原有的视频磁迹在磁带上完美地连接在一起，以避免在新老视频磁迹的连接处出现画面的跳动和引起混乱。这就是家用录像机的简单编辑功能。

为了实现新、老视频磁迹的完美连接，视频磁头必须在开始记录前就已正确地扫描原有的视频磁迹。也就是说，只有在视频磁头已正确地逐条扫描原有视频磁迹时，才可以在新的磁迹的起始处开始记录。这叫伺服系统的预锁相。通常使用的方法是在进入记录暂停状态时，磁带预先倒退25帧图像，即50条视频磁迹。开始新的记录时，伺服系统先重放25帧图像，使视频磁头有足够时间与视频磁迹锁相，准确地扫描磁迹，然后在第26帧时开始实际记录。磁带的运行情况及记录磁迹见图6—41(a)、(b)。

录像机从记录状态进入暂停时，主导电机首先以正常重放的速度倒转25帧，然后主导电机停机。录像机处于记录暂停状态。当操作者重新开始记录时，主导电机以正常重放速度转动，先重放25帧，将视频磁头与原有视频磁迹锁相，并准确地在下一条磁迹处开始记录。当然，要实现这一点，还要求准备记录的外来视频信号与重放25帧控制脉冲锁相。这样才能保证在扫描原有25帧图像结束时，外来视频信号正好开始新的一场，并准确记录到下一条磁迹上。在录像机的伺服系统原理中，这叫做伺服系统的组合编辑功能，详细原理请参考伺服系统的有关介绍。

控制系统通过控制伺服系统来完成录像机的简单编辑功能。图6—42示出了简单编辑功能的控制方法。

微处理机接收到记录暂停指令后，控制伺服系统将磁带倒退25帧。倒退时伺服系统的状态相当于重放状态。但视、音频系统在微处理机的控制下，不执行重放工作。由于伺服系统处于重放状态，控制磁头将从磁带上拾取控制信号，鼓相位(PG)信号也同时由鼓相位霍尔传感器产生。这两个信号由伺服系统送入微处理机，控制程序可通过计数其中任何一个信号的脉冲个数来判断是否已倒带25帧。在记录暂停期间，如果重新开始记录，将首先重放25帧图像，其计数方法与上述相同。不同的是，伺服系统要处在组合编辑状态，使待录视频信号与重放控制脉冲锁

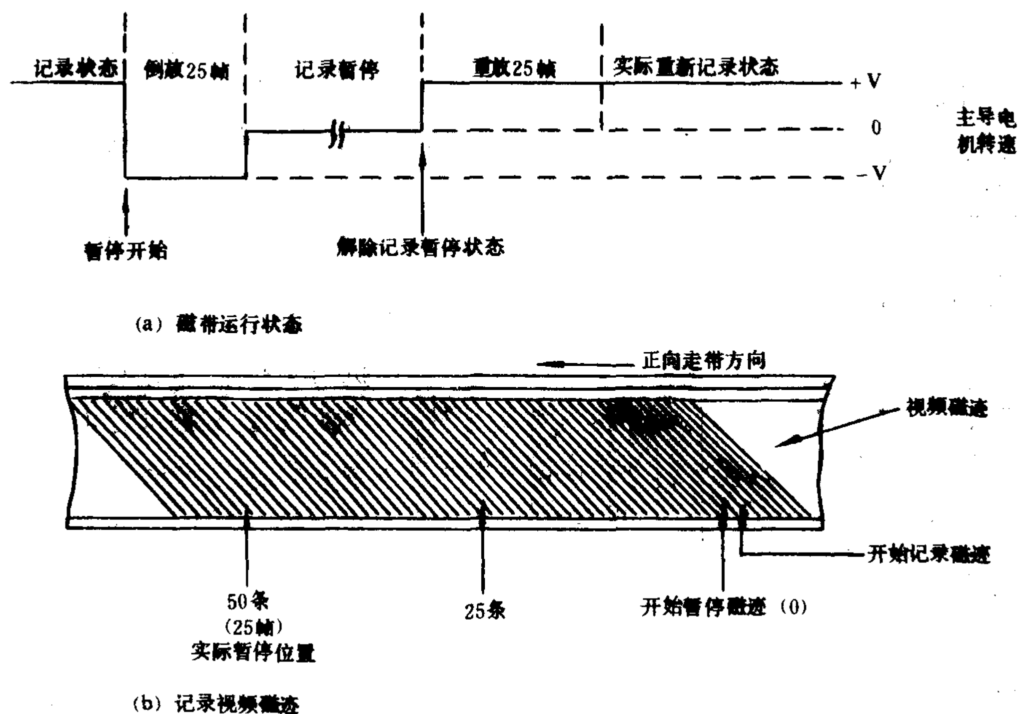


图 6—41 暂停记录过程

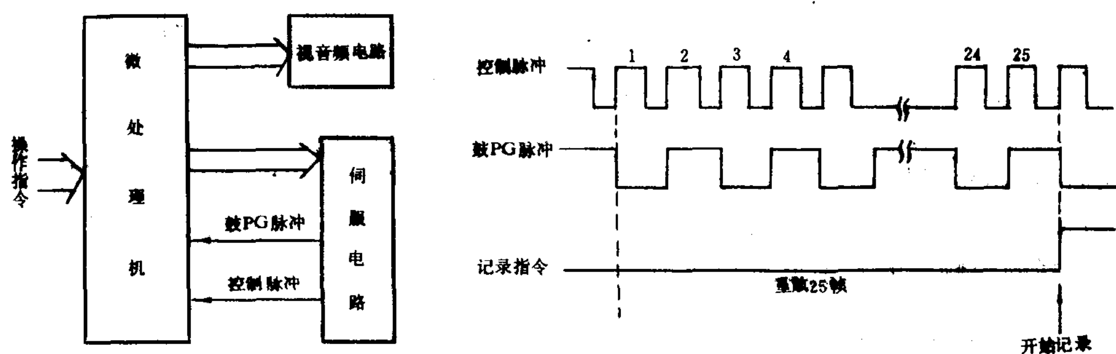


图 6—42 简单编辑的控制

相。伺服系统的组合编辑状态是由微处理机控制的。必须指出，在重放25帧时，控制系统不允许视、音频电路输出图像及声音信号。当重放25帧结束时，控制系统应在场同步信号前切换视、音频电路到记录状态，以保证电视画面内不出现切换噪声。

6.8 定时器微处理机工作原理

新型的家用录像机一般都采用两个微处理机工作，除主控制微处理机外，还使用了一片主要控制定时及显示的微处理机。随着录像机的功能不断增加，主控制微处理机有限的控制端口已越来越不能满足录像机控制的需要，而定时器微处理机却还没有充分利用。为了充分利用两片微处理机的能力，录像机中的定时器微处理机被开发用来承担更多的工作。其中最主要的是将占用输入/输出口最多的按键扫描功能从主控制微处理机转移到定时器微处理机来完成。因此，实际上定时器微处理机已不仅仅是处理定时和计时的微处理机了。

图6—43举例说明定时器微处理机内部程序主要功能流程图。

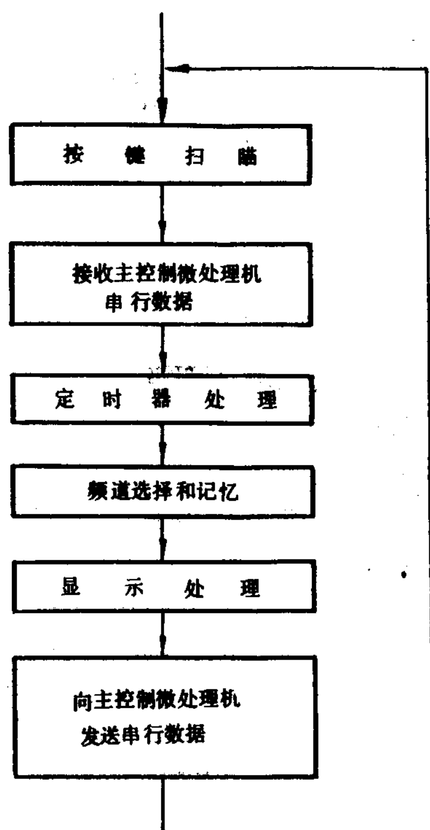


图 6—43 定时器微处理器主要功能流程图

主程序首先通过按键扫描电路判断操作按键状态，接着接收主控制微处理机送来的串行数据。外部信息接收完毕，再根据接收指令的情况进行时钟计时处理以及定时控制。频道选择的记忆和控制将在定时控制之后执行。上述过程之后，定时器微处理机根据工作状态情况控制多功能显示屏显示相应内容。最后将必要的信息回送到主控制微处理机，程序返回，重复循环。

定时器微处理机与主控制微处理机的工作状况不同，后者要对机械系统以及整机各部分电路进行整体控制，而前者的控制对象主要是多功能显示屏、按键扫描及频道选择。定时时钟的生成与外界无关，完全在微处理机内部通过程序来实现。

具有定时记录功能的录像机，允许使用者预先设定定时记录的开始、结束时间。当计时时钟到达设定的时间时，录像机自动启动记录，将预置的电视频道的节目记录到磁带上。显然，录像机必须有一个准确的时钟，以便准确地确定日期和时间。有关时钟计时、定时控制是定时器微处理机内部程序的主要任务。一般的单片微处理机都具有方便的定时器功能，其作用原理见图6—44。

由微处理机晶体振荡器产生的系统时钟送入分频器，分频器将系统时钟分频产生1/2、1/4、1/8、1/32、1/128、1/512、1/1024、1/2048 8种分频时钟频率送入频率选择器。频率选择器输出哪种频率则由3位的定时器模式寄存器确定。该模式寄存器的数据可以由软件程序进行预置。模式寄存器的数据与所选择的分频数的关系见表6—8。

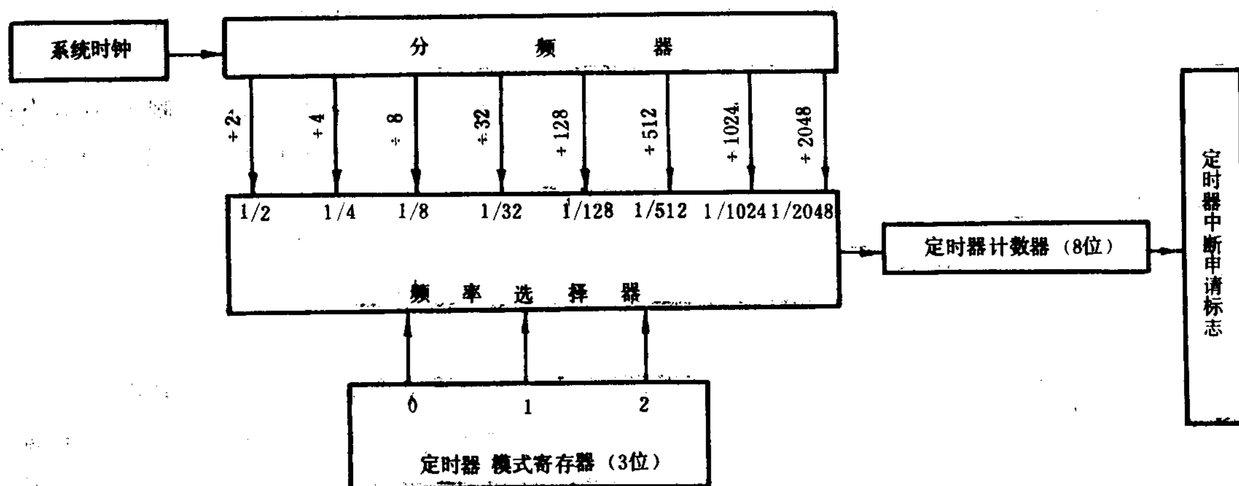


图 6—44 微处理机内部定时器方框图

频率选择器的输出脉冲送到8位的定时器计数器计数。此8位计数器最多可计数256。当计数到达256时，计数器输出一个脉冲，将定时器中断申请标志置“1”。下一个计数脉冲到来时，计数器将清零。如果程序允许定时器中断，微处理机的主程序将转入执行定时器中断程序，同时将中断申请标志清零。显然，每隔一定间隔的时间，主程序将响应一次定时器中断。间隔时间由

表 6—8　　模式寄存器数据与分频数的关系

模式寄存器			分频数
2位	1位	0位	
0	0	0	÷2048
0	0	1	÷1024
0	1	0	÷512
0	1	1	÷128
1	0	0	÷32
1	0	1	÷8
1	1	0	÷4
1	1	1	÷2

程序通过模式寄存器确定。我们只要通过编制定时器中断程序，计数中断的次数，并对中断次数和中断间隔进行运算处理，整理成时间数据，就可以完成时钟计时的任务。

使用微处理机进行时钟计时时，其晶体振荡器产生的系统时钟的准确性和稳定性是保证时钟准确的前提。另外，为了减少外界干扰源对晶体振荡器的干扰，在设计印制板时，一般都将晶体安排在尽量靠近微处理机晶体端点旁，并进行合理的地线布局。

通过定时器提供的标准时钟，程序将其整理成年、月、日、小时、分、秒等时间单位。这些时间信息以及录像机的工作状态指示在定时器微处理机的控制下通过多功能显示屏显示出来。

录像机为了直接接收并记录电视节目，设置了电视调谐器。使用者可以通过操作录像机面板上的按键选择所要接收的电视频道。同时还可以预先设置频道。微处理机将使用者预置的频道情况记忆下来，存放在存储器中。预置通道的选择是通过微处理机控制调谐器单元来完成的。

第七章 机械系统

7.1 概 述

7.1.1 机心的工作原理及组成方框图

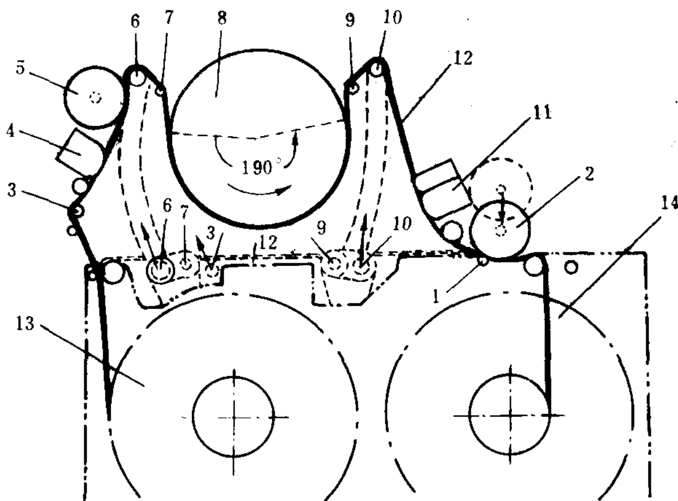
录像机的机械系统,通常简称机心。它是录像机中一个非常精密和重要的机械装置。录像机的很多功能都是通过它来完成的,它的质量和性能的好坏,在很大程度上决定了录像机整机指标的优劣。录像机的改进与发展通常都是与机心紧密联系在一起的。

VHS 型录像机机心采用平行 M 型加载方式,它的走带系统工作情况如图 7—1 所示。由图可知,在主导轴 1 和压带轮 2 的共同驱动下,磁带 12 从供带盘 13 出来,经张力杆 3、全消磁头 4、阻尼轮 5、供带侧垂直导柱 6、供带侧斜导柱 7,进入磁鼓 8,在磁鼓上包绕 190°后,再从收带侧斜导柱 9、收带侧垂直导柱 10 出来,经音/控磁头 11 后,进入收带盘 14。

VHS 型录像机机心走带系统的特点是:

① 机心采用平行 M 型加载方式,磁带呈字母"M"的形状包绕在磁鼓上。这种加载方式结构简单,相对于基准面(底板),只有磁鼓及两根斜导柱的轴线是倾斜的,其它零部件都与底板平行。

② 在磁带加载过程中,导柱滑块座的移动距离短(约 8cm 左右),加载时间短,因而录像机能较快地进入正常重放(或记录)工作状态。此外,由于工作中从带盒内拉出的磁带量少,故减小了磁带弄乱的可能性。



1. 主导轴 2. 压带轮 3. 张力杆 4. 全消磁头 5. 阻尼轮 6. 供带侧垂直导柱 7. 供带侧斜导柱 8. 磁鼓 9. 收带侧斜导柱 10. 收带侧垂直导柱 11. 音/控磁头 12. 磁带 13. 供带盘 14. 收带盘

图 7—1 VHS 型录像机的走带系统简图

③ 机心在快进(或倒带)工作时,磁带都是在带盒内进行的,这样就减少了磁带与其它零件之间的磨损(对于有半加载状态的机型来说,磁带在某些状态下并不完全收入带盒,但脱离磁鼓)。

④ 由于机心在重放工作时,磁带在两个斜导柱上的包角较大(约 58°32′)。因此,当供带侧磁带上的张力一定时,收带侧磁带上的张力一般较大(约为 0.7～1N)。

下面我们以 5 个电机驱动的 VHS 型录像机机心为例,对机心各部分的作用,先作一个简要介绍。有关它们的工作原理及计算过程,将在以后的有关章节内再作详细的介绍。

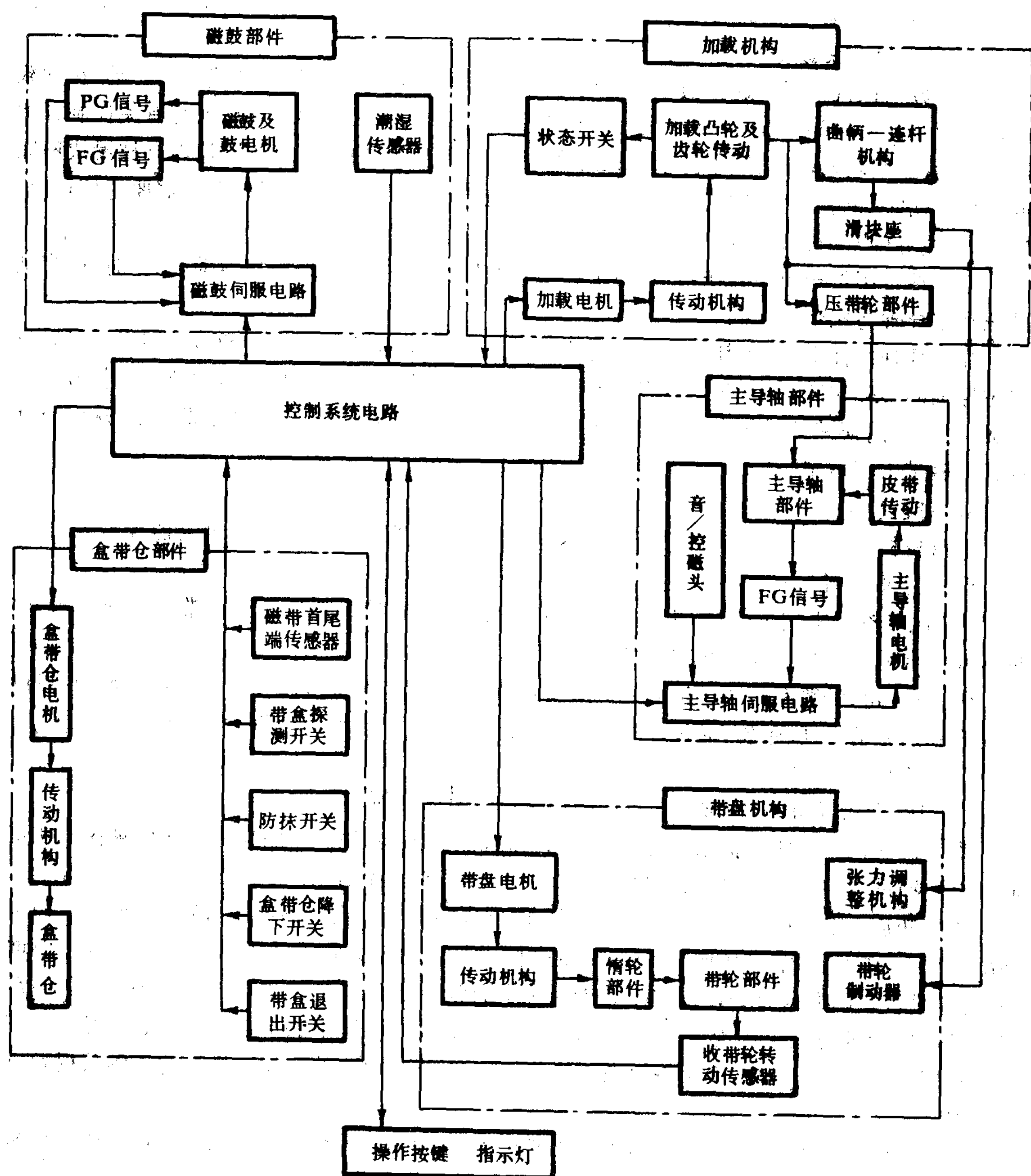


图 7—2　机心主要组成部分方框图

图 7—2 为 5 电机式 VHS 录像机机心主要组成及它们间的连接方框图。从此方框图可知，机心主要由以下几个部分组成。

1．磁鼓部件

磁鼓部件是机心中最核心的机械部件。由于磁带是沿下磁鼓上的螺旋线运行，所以当上磁鼓及装在它上面的两个视频磁头旋转时，就能实现螺旋扫描。为了进行螺旋扫描，将磁鼓轴线朝着供带侧方向倾斜一个角度。有关磁鼓部件的详细介绍见第八章。

2．加载机构

加载机构(也叫穿带机构)的主要作用是:通过斜导柱滑块座的运动,将磁带从磁盒中拉出,并使其包绕在磁鼓上。

大多数录像机,在加载时,通常都是由加载电机通过传动机构,带动加载凸轮转动,在加载凸轮的两个侧面,开有若干条曲率变化的轨迹不同的凹槽,在凹槽内分别插入与有关控制杆相连的导销。当凸轮转动时,随着凹槽半径的变化,推动各导销及控制杆运动,使斜导柱滑块座完成加载。同时,也驱动压带轮、张力杆以及带盘控制器等部件,使它们运行到所需要的位置上。

3. 主导轴及压带轮组件

主导轴及压带轮组件的作用,是用来驱动录像机磁带,并使其作恒速运动。工作时,磁带被紧压在主导轴与压带轮之间。

在主导轴组件上,一般都装有一个与主导轴连动的频率信号发生器(FG)。利用它可以反映主导轴的实际转速。将 FG 信号送到速度控制电路后,输出的误差信号与相位误差信号进行合成,合成后的误差信号再送给主导电机的驱动电路,这样就能使主导轴转速稳定,从而也就保证了磁带带速恒定。

4. 带盘机构

带盘机构一般都包括有供、收带轮、带盘电机、张力伺服机构以及带轮制动器等零、部件。

(1) 供、收带轮

供、收带轮用来支承供、收带盘及其上的磁带,保证磁带能从供(或收)带盘不断送出(收进),并以合适的松紧程度绕在收(或供)带盘上。

供、收带轮,一般都是通过带盘电机及带盘惰轮来驱动的。通过改变带盘电机的转向,可以使电机分别驱动供、收带轮;通过改变带盘电机的转速,可以改变两个带轮的卷带速度。

(2) 张力调整机构

在 VHS 型录像机中,通常都在机心的供带侧装有张力调整机构。

张力调整机构一般包括张力杆、张力带以及弹簧等零、部件。它的作用是保证录像机在重放(或记录)过程中,磁带在磁鼓入口处的张力的大小,使其控制在一定范围内。

我们知道,磁带在重放(或记录)过程中,供带边的磁带量会不断减少,故磁带盘的半径也会随之减小,如果没有张力调整机构,则供带侧磁带上的张力将随着磁带盘半径的减小而增加,所以磁带在磁鼓入口处以及整个走带系统中的张力都会加大。以 E—180 磁带为例,满盘和空盘时磁带盘的直径比为 3.2,故在整个重放(或记录)过程中磁带上的张力也会增大 3.2 倍。磁带张力的这一变化,无疑将使磁带的几何长度发生改变,从而使录像机的音频及视频抖晃加大。

在供带侧安装张力调整机构后,张力的变化量,将会由于调整机构的负反馈作用而明显减小。

(3) 带轮制动器

带轮制动器又称带轮刹车。机心中制动器通常有主、副之分。下面我们只介绍主制动器。

录像机中有两个主制动器,它们分别对供、收两个带轮产生一个较大的制动力矩。当录像机处在重放(或记录)、快进、倒带状态时,两个主制动器与两个带轮脱开。按下停止键后,两个主制动器又分别压在供、收带轮上进行制动。

制动力矩的大小与带轮的转向有关,即由快进状态转换到停止状态时,供带侧制动器给供带轮的制动力矩大于收带侧制动器给收带轮的制动力矩;而由倒带状态转换到停止状态时,情况正好相反。这样就能保证两个磁带盘上的磁带在转动停止过程中能被适当绕紧。

5. 盒带仓组件

盒带仓组件是用来将盒带正确放置到机心的两个带轮上，或从机心的两个带轮上将盒带取出。

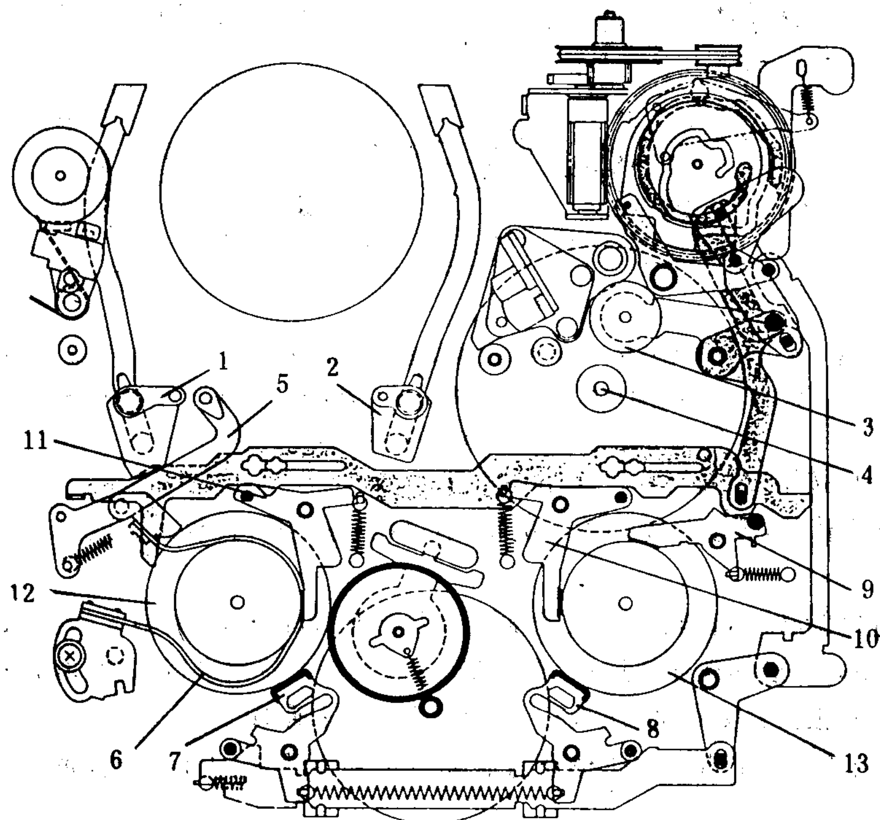
为了防止盒带在装、取过程中出现意外事故，在带盒仓组件上，通常都装有一些微动开关，利用它们可以判别盒带是否推入、盒带在带盒仓中的位置是否正确、带盒仓及盒带是否下降到正确位置上。当盒带中的磁带处在始端或终端时，还可通过始端和终端传感器使录像机处在停止状态。

录像机的盒带仓，通常都配有独立的电机进行驱动。最近生产的某些录像机，为了减少机心中驱动电机的总数目，盒带仓已改由主导电机或加载电机来驱动。由于此时盒带仓与机心中其它机构有联动关系，因此，在安装和拆卸时，应注意它们之间的相互位置。

7.1.2 机心的几种主要工作状态

下面以 5 个电机驱动的机心为例，介绍在几种主要工作状态时，机心各部分的工作情况。

1. 停止状态(见图 7—3)



1.供带侧滑块座　2.收带侧滑块座　3.压带轮　4.主导轴　5.张力杆　6.张力带　7.供带侧主制动器　8.收带侧主制动器　9.10.11.副制动器　12.供带轮　13.收带轮

图 7—3　机心在停止状态时各零、部件相对位置

① 在停止状态下，录像机总电源接通，但所有电机都不工作，此时允许插入或取出盒带。

② 其它各主要机构处于下列状态：

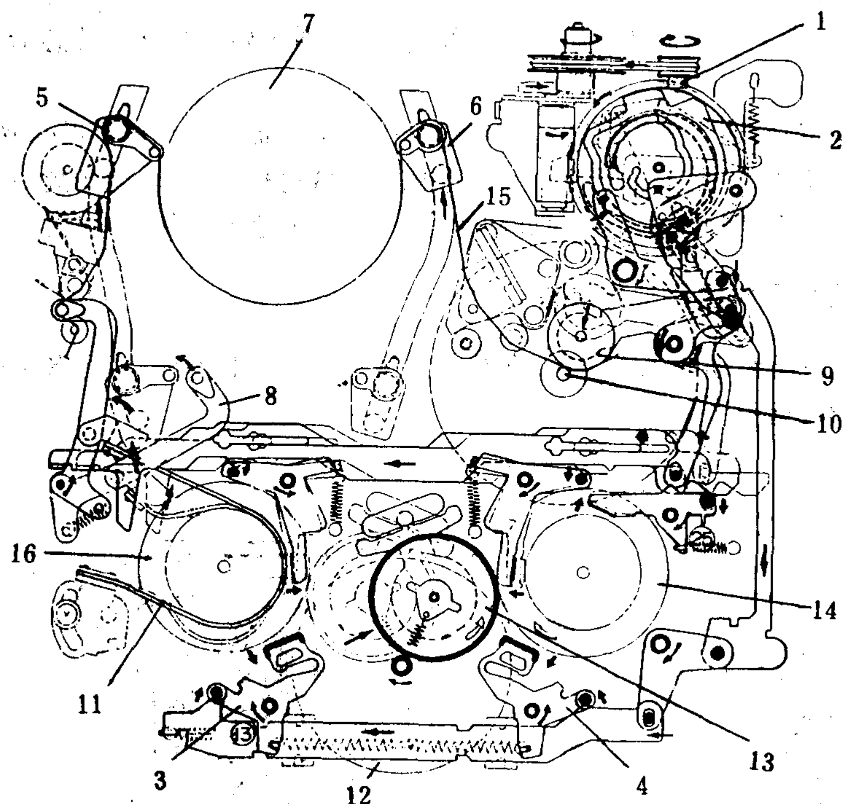
a)供带和收带两侧的斜导柱滑块座 1 及 2 处在不加载位置；

b)压带轮 3 与主导轴 4 分开；

c)张力杆 5 处在起始位置，张力带 6 被放松；

d)供带和收带两侧的主制动器 7、8 和副制动器 9、10、11 都分别压紧在供、收两带轮 12、13 上。

2. 重放状态(见图 7—4)



1. 加载电机 2. 齿轮凸轮 3. 供带侧主制动器 4. 收带侧主制动器 5. 供带滑块座 6. 收带滑块座 7. 磁鼓 8. 张力臂 9. 压带轮 10. 主导轴 11. 张力带 12. 带盘电机 13. 带盘惰轮 14. 收带轮 15. 磁带 16. 供带轮

图 7—4 机心在重放状态时各零、部件的相对关系

在停止状态时，按下"重放"键，产生下述动作。

① 加载电机 1 转动，带动齿轮凸轮 2 旋转，通过相应的连杆使供带和收带侧主制动器 3、4 开始释放。

② 在加载电机旋转时，齿轮凸轮带动加载环及加载齿轮转动(图中未画出)，使供带和收带侧斜导柱滑块座 5、6 沿加载导轨运动，将磁带 15 从带盒中拉出进行加载。在加载过程中，磁鼓 7 开始转动，同时张力臂 8 运动，压带轮 9 开始压向主导轴 10。

③ 在加载终了位置，供带和收带侧所有制动器全部释放，张力臂到位，张力带 11 包紧在供带轮 16 上。

④ 压带轮以一定压力将磁带压紧在主导轴上。

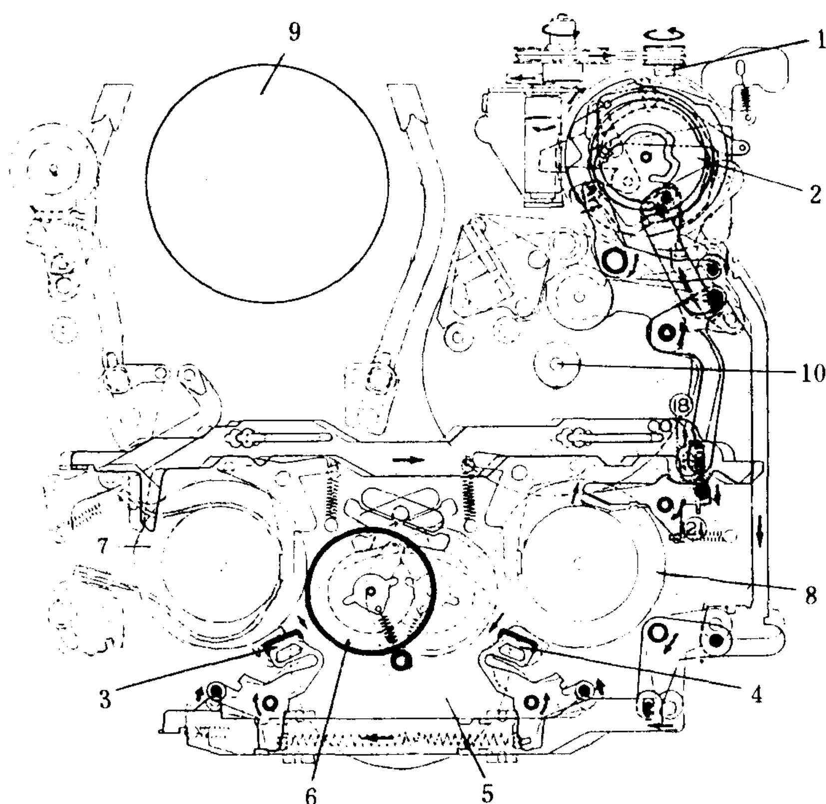
⑤ 加载电机停转。

⑥ 在加载完成的同时，带盘电机 12 转动，通过带盘惰轮 13 使收带轮 14 及其上磁带盘转动并进行收带。

3. 倒带(或快进)状态(见图 7—5)

在停止状态，按下倒带(或快进)键，即产生下述动作：

① 加载电机 1 反向转动，带动齿轮凸轮 2 旋转，通过有关连杆释放供带及收带侧主制动



1. 加载电机　2. 齿轮凸轮　3. 供带侧主制动器　4. 收带侧主制动器　5. 带盘电机
6. 带盘惰轮　7. 供带轮　8. 收带轮　9. 磁鼓　10. 主导轴

图 7—5　机心在倒带状态时各零、部件的相互关系

器 3、4。

② 当齿轮凸轮带动的状态开关(图中未画出)转至"倒带"位置上时,加载电机停止转动,而带盘电机 5 开始转动,使带盘惰轮 6 靠在供带轮 7 上,并驱动供带轮转动快速进行卷带。

③ 如果机心处在"快进"状态,则带盘电机正向旋转,使带盘惰轮 6 靠在收带轮 8 上,并驱动它转动,快速进行卷带。倒带(或快进)时磁带的运行速度约为重放时的 40 倍。

④ 在倒带(或快进)状态时,磁鼓 9 和主导轴 10 是不转动的。

4. 倒带搜索状态(见图 7—6)

在重放状态下,按下倒带键,录像机进入倒带搜索状态。

① 磁鼓电机 1 继续转动,但主导电机及主导轴 2 停转。

② 带盘电机 3 加上较小的电压,通过带盘惰轮 4 使收带轮 12 将磁带拉紧。

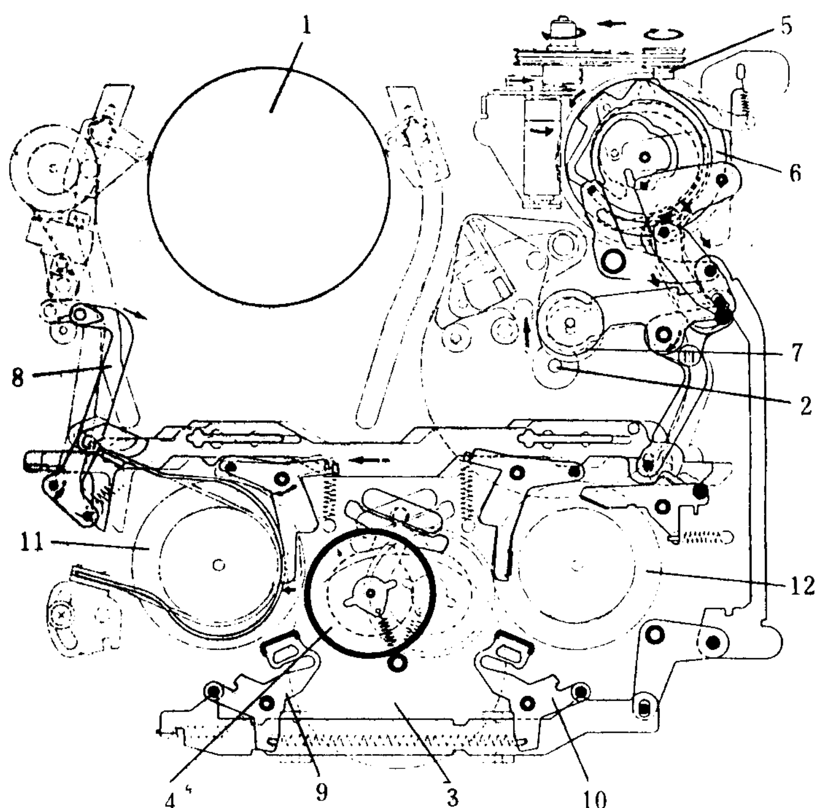
③ 加载电机 5 旋转,齿轮凸轮 6 转动,使压带轮 7 与主导轴 2 分开,同时供带侧副制动器压在供带轮上,张力杆 8 离开工作位置,随后连杆动作,将供带和收带侧主制动器 9、10 分别压在供、收两带轮 11、12 上。

④ 在齿轮凸轮继续转动过程中,加载电机停转,而带盘电机反向转动,使带盘惰轮压向供带轮。

⑤ 加载电机反转,通过齿轮凸轮及连杆释放供带和收带侧的主制动器。

⑥ 当齿轮凸轮带动状态开关(图中未画出)转到"倒带搜索"位置时,加载电机停转。

⑦ 带盘电机反向旋转,带盘惰轮靠向供带轮并带动它进行卷带,倒带搜索时磁带的运行速度是重放时的 7 倍。



1.磁鼓 2.主导轴 3.带盘电机 4.带盘惰轮 5.加载电机 6.齿轮凸轮 7.压带轮
8.张力杆 9.供带侧主制动器 10.收带侧主制动器 11.供带轮 12.收带轮

图 7—6 机心在倒带搜索状态时各零、部件的相互关系

5. 快进搜索状态

在重放状态下，按下快进键，录像机进入快进搜索状态。

① 加载电机旋转，齿轮凸轮带动连杆使压带轮与主导轴分开，并使张力杆离开工作位置。当齿轮凸轮带动的状态开关转到“快进搜索”位置时，加载电机停止转动。

② 带盘电机转动，使带盘惰轮压向收带轮，并带动它旋转，快进搜索时，磁带的运行速度是重放时的 7 倍。

6. 静像状态

在重放状态下，按下“暂停”键，录像机就处在静像工作状态。

① 齿轮凸轮及状态开关所处的位置与重放时相同，磁鼓继续转动，但主导轴停止转动。

② 带盘电机上加一较小的电压，通过带盘惰轮使收带轮拉紧磁带。

7.2 机心的走带系统

7.2.1 走带系统稳定工作的几何条件

走带系统是录像机机心的重要组成部分之一，对同一种格式的录像机，在设计走带系统时，各零件的布置及参数虽然可以有所不同，但必须保证记录和重放时，磁迹格式符合统一标准，并使走带稳定、磁迹的直线性好，能满足互换性要求。典型的 VHS 型录像机机心的走带系统见图 7—1。

在 VHS 型录像机中，视频磁头是以螺旋扫描方式工作的，而且在供、收带两侧采用了磁带带边与水平面(底板)平行、磁带带面与水平面垂直的供、收带方案。因此磁带在整个走带过程中要围绕几个不平行的空间轴运动，形成三维空间的走带通路。在运行过程中，磁带带边的轨迹是一条立体(三维)曲线。为了保证磁带在走带过程中稳定并能正确进行供、收带，必须对走带系统进行精确的设计，即从几何学上对系统中各零件的位置坐标和姿态进行计算。计算时必须满足以下几何条件：

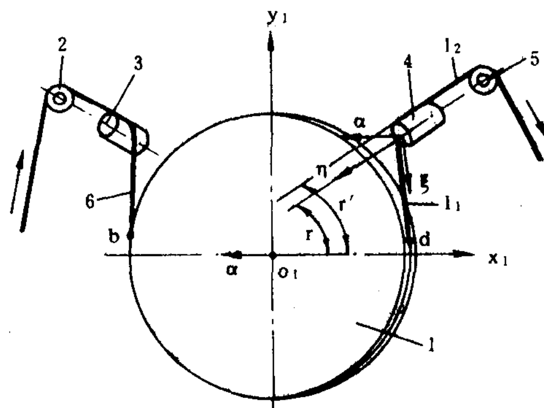
① 等高条件：磁带中心线在供带盒的出口处和收带盒的入口处，相对基准面的高度应该相等。

② 平行条件：在供带盒的出口处和收带盒的入口处，磁带的运行平面(此平面与磁带的带面垂直)，应与基准面平行。

③ 不扭曲条件：磁带在供、收带盒出、入口处以及走带系统内各导柱之间的带面都不发生扭曲。

在图 7—7 上，画出了 VHS 型录像机走带系统中供、收带侧的垂直导柱及斜导柱的配置图。下面以收带边为例，说明它们的安装原理。

先假定磁鼓及所有导柱的轴线，相对底板(基准面)是垂直安装的。由于磁带在磁鼓的螺旋线上包绕了 190°，故在切入点 b 和切出点 d 之间产生了较大的高度差(约 11mm)，究竟 b 点和 d 点哪个方向高，则需根据磁鼓上的导向螺旋线的方向来定，在 VHS 型录像机中，是 b 点高。



1. 磁鼓 2. 供带侧垂直导柱 3. 供带侧斜导柱
4. 收带侧斜导柱 5. 收带侧垂直导柱 6. 磁带

图 7—7 垂直导柱及斜导柱的配置图

为了减小 b 点和 d 点之间的高度差，将磁鼓轴线沿 x_1 轴的反方向倾斜 α 角。为了使磁鼓倾斜后 l_1 段磁带在磁鼓 1 及收带边斜导柱 4 之间能自然相切而不扭曲，必须将斜导柱 4 的轴线也沿 x_1 轴的反方向倾斜 α 角。但是，这样一来又会使斜导柱 4 和垂直导柱 5 之间的 l_2 段磁带出现扭曲。为了解决这个问题，必须将斜导柱 4 的轴线，沿平行于磁带 l_1 的方向再倾斜 ξ 角。

设经过两次倾斜后，收带边斜导柱的轴线在 x_1y_1 平面上的投影与 x_1 轴负方向的夹角为 γ。如果 γ 与 l_2 段磁带的方向角 γ' 相等，那么磁带在 l_2 段也没有扭曲。最后，斜导柱的轴线与 Z_1 轴(Z_1 轴垂直于底板基准面并与 x_1 轴、y_1 轴成右手关系)的夹角为 η。

此外，通过控制 l_1 段磁带的长度以及磁带在收带侧斜导柱上的包角 θ 大小，就可以实现上面提出的等高和平行条件。

7.2.2 走带系统中的几个主要参数的分析

在设计 VHS 型录像机机心的走带系统时，磁鼓轴线倾斜角 α、后(前)包角 β、斜导柱半径 r 以及下磁鼓上导向螺旋线升角 S、磁鼓半径 R，通常都认为是已知的。因此，必须研究它们的取值范围，及对其它参数计算结果的影响。

其中下磁鼓上导向螺旋线的升角 S，应该等于国家标准中磁迹格式所规定的视频静态磁迹角，即 $S=5°56'7.4''$。

磁鼓半径 R 在很大程度上决定了整个机心的尺寸和视频磁迹的长度，对 VHS 型家用录像机，规定 $R=31\text{mm}$。

下面主要分析磁鼓轴线倾斜角 α、后(前)包角 β 以及斜导柱半径 r 等几个参数对走带系统的影响。

1. 磁鼓轴线的倾斜角 α

磁鼓轴线的倾斜角 α 的大小，对走带系统的整体尺寸及磁带的运行情况都有较大影响。为了搞清某些参数与 α 的关系，在 $R=31\text{mm}$、$r=1.5\text{mm}$、$\beta=5°$、$S=5°56'7.4''$ 的情况下，将 α 在 10°～18°范围内逐渐变化，并用计算机对 η、θ、γ、l_1 等参数，逐一进行计算，并依据所得结果数据作出的曲线如图 7—8 所示。

由图知：

① α 增加时，l_1 也增加，当 α 由 12°增加到 18°时，l_1 尺寸增加了 25.7mm，这将导致机心尺寸增大，所以 α 不能选取得太大。

但是 α 也不能选得太小，因为当 $\alpha=11°$ 时，$l_1=4.876\text{mm}$。如果按这一距离安装斜导柱，则它有可能与磁鼓发生干涉。

在 VHS 型录像机机心中，α 一般在 12.5°～13°之间选取。

② α 增加时，θ 将减小。所以，如果在供带侧磁带上的张力一定时，那么在收带侧，磁带上的张力将有所下降。

设磁带切入供带侧斜导柱时，其上的张力 $T_1=0.3\text{N}$；磁带与斜导柱间的摩擦系数为 $\mu=0.2$，如果忽略磁带与磁鼓间的摩擦，那么磁带在切出收带侧斜导柱时，其上的张力为：

$$T_2=T_1e^{2\mu\theta}$$

式中：T_1——磁带切入供带边时，其上的张力；

T_2——磁带切出收带边时，其上的张力。

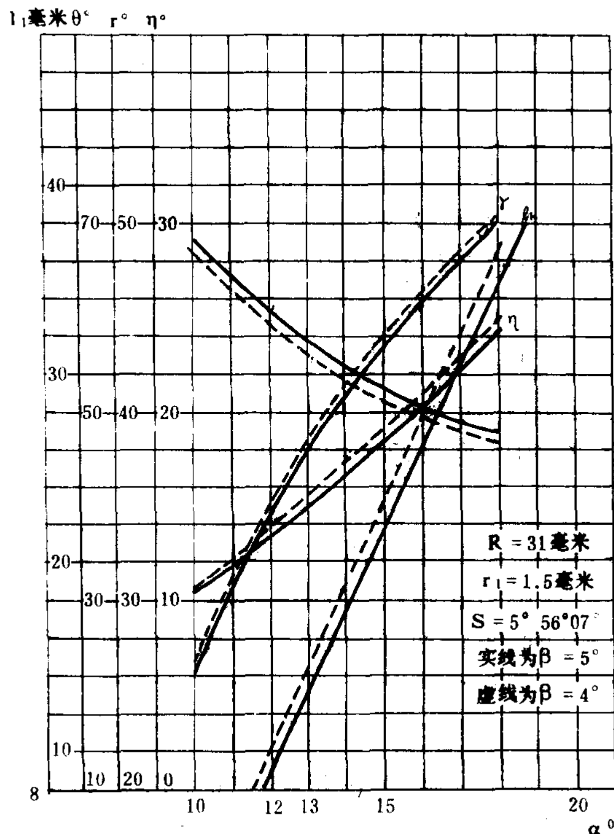


图 7—8 参数 η、θ、r、l_1 与磁鼓轴线倾斜角 α 的关系

当 $\alpha=12°$ 时，$\theta=61.2618°$ 求得 $T_2=0.46N$。

当 $\alpha=18°$ 时，$\theta=48.1159°$ 求得 $T_2=0.4N$。

可以看出两者间张力只相差 0.06N，可见 α 的变化，对磁带上张力的影响是比较小的。

2. 后(前)包角 β

当后(前)包角 β 改变时，在 R、r、s 相同的情况下，θ、γ、η、l_1 也会发生变化。在图 7—8 上虚线表示了 $\beta=4°$，α 在 12°～18°范围内变化时，θ、η、γ、l_1 的变形情况。由图可知，当 $\alpha=12.8°$ 时，若 β 由 5°变为 4°，则 θ 由 58.7578°减为 57.1803°；η 由 14.9597°增加到 15.2474°；γ 由 37.2518°增加到 37.8633°；l_1 由 13.036mm 增加到 14.052mm。从这些数据可以看出，β 对走带系统主要参数的影响不大。

实际上，β 的大小主要应由视频磁迹的长度来决定。由图 7—8 知，当磁带不动时，视频磁

头扫过的磁迹长度所对应的磁带总包角 Ω 为：

$$\Omega=\frac{10.6}{\mathrm{Sin}\theta_0}\times\frac{180}{\pi R}=189.4599°=189°27'35''$$

式中：θ_0——为视频磁迹的静态磁迹角；

R——磁鼓半径。

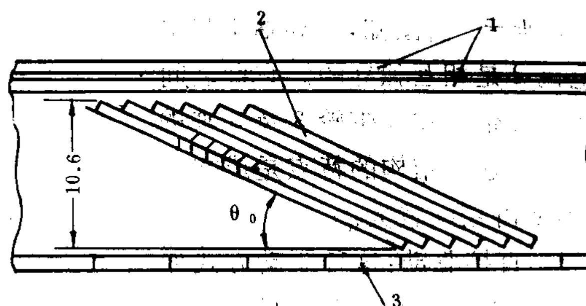
这一总包角对应的磁带后(前)包角 β' 为：

$$\beta'=\frac{\Omega-180}{2}=4.7299°=4°43'47.8''$$

如果我们取 $\beta=5°$，那么实际的视频磁迹区的宽度 B′ 为：

$$B'=(180+2\times5)\frac{\pi R}{180}\sin\theta_0=10.63\mathrm{mm}$$

因为 $B'=10.63$mm 大于标准规定的 10.6mm，故音频磁迹和控制磁迹与视频磁迹间的保护带宽度减小了。



1. 音频磁迹　2. 视频磁迹　3. 控制磁迹

图 7—9　磁迹的计算图

减小值为：

$$\frac{10.63-10.6}{2}=0.015\mathrm{mm}$$

即保护带宽度，由原来的 0.15mm 减到 0.135mm。因此，为了满足国家标准规定的视频磁迹区宽度以及各磁迹间保护带宽度的要求，后(前)包角也只能选在 5°左右。

3. 斜导柱的半径 r

当 $\alpha=12°50'21.2''$、$\beta=5°$、$S=5°56'7.4''$、$R=31$mm 时，若斜导柱半径 r 增加，则斜导柱轴心点横坐标 $x_1^{0'}$ 将变大，而纵坐标 $y_1^{0'}$ 和 l_1 将变小，计算结果见表 7—1。由表知，无论这些参数是增大还是减小，其绝对值的变化量都不明显。

表 7—1　斜导柱半径与其它参数的关系

r(mm)	1.5	2	2.5	3	3.5
l_1(mm)	13.211	13.028	12.845	12.662	12.477
$x^{0'}_1$(mm)	32.026	32.551	33.077	33.602	34.127
$y^{0'}_1$(mm)	15.987	15.871	15.755	15.639	15.523

但是，r 加大以后，为了避免在加载过程中斜导柱与磁鼓相碰，必须将供带侧和收带侧的滑块座导向轨迹的间距加大。例如 r 由 1.5mm 增加到 2.5mm 时，两滑块座导向轨迹的间距由 90mm 增加到 96mm，结果使整个走带系统的有关尺寸都相应加大。

7.3　主导轴、压带轮及阻尼轮部件

7.3.1　主导轴及压带轮部件

1. 主导轴组件

在录像机中，磁带是由主导轴在压带轮的配合驱动下作恒速运行的。

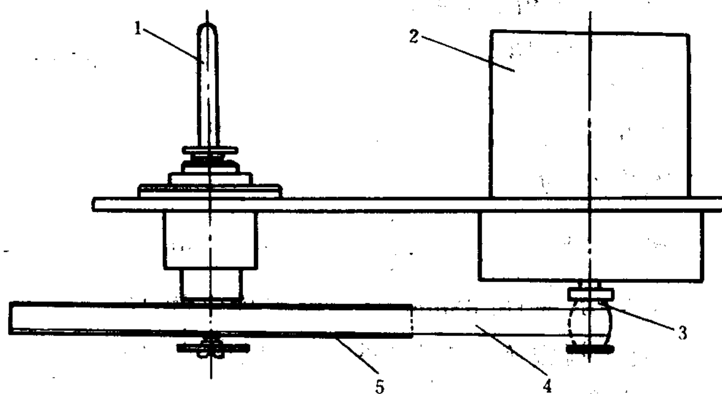
VHS 型录像机磁带的运行速度为 V=23.39mm/s，若主导轴直径 d=3.5mm，那么要求主

导轴的转速为：

$$n=\frac{V}{\pi \cdot d}\times 60=127.63\text{r/min}\approx 2.127\text{Hz}$$

录像机中驱动主导轴的运动，主要有两种方式：

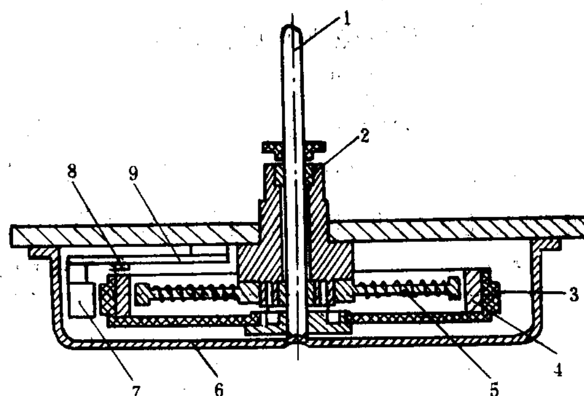
① 间接驱动：这种方式如图7—10所示。由图知，主导轴1与主导电机2是相互独立的。它们之间是通过皮带4和皮带轮3及5来进行联系。这种结构的特点是成本较低，但所占空间较大。



1. 主导轴　2. 主导电机　3. 小皮带轮　4. 皮带　5. 大皮带轮

图7—10　间接驱动的主导轴与电机

② 直接驱动：这种驱动方式如图7—11所示。由图知，主导轴和电机做成一体，电机轴就是主导轴。这种驱动方式的优点是，体积小，传动可靠。另外由于此种电机都采用无电刷式，并采用电子换向，故工作时不会产生火花和干扰。因此噪声低、转速稳定、寿命长、可靠性高。目前生产的录像机大都采用这种驱动方式。不过由于电机轴承要直接承受来自压带轮的较大径向压力，所以要求电机轴承有较大的承载能力。此外，直接驱动电机制造比较复杂，故成本也较高。



1. 主导轴　2. 含油轴承　3. FG发生器
4. 电机磁钢(转子)　5. 电机线圈(定子)　6. 外罩
7. FG拾取磁头　8. 霍尔元件　9. 印制电路板

图7—11　直接驱动的主导轴与电机

在主导轴的驱动过程中，为了使它的转速有较高的稳定度，在录像机中，大都从机械和电子两方面同时采取措施。

在机械稳速方面，通常是在主导轴上装有一个转动惯量较大的飞轮。飞轮相当于一个低通滤波器，它能明显减弱作用于主导轴上的高频干扰对转速的影响。至于一些频率较低的干扰，由于飞轮具有“储存”和“释放”动能的功能，所以当飞轮的输入和输出的能量发生变化时，它也有一定的稳速效果。

设主导轴上飞轮的转动惯量为J，主导轴和飞轮的角速度为ω，则飞轮具有的动能E为：

$$E=\frac{1}{2}J\omega^2 \tag{7—1}$$

对上式两边进行微分后，得：

$$dE=J\omega d\omega$$

所以

$$\frac{d\omega}{\omega}=\frac{dE}{J\omega^2} \tag{7—2}$$

由式(7—2)知，当输入或输出的能量变化量dE以及主导轴和飞轮的角速度ω一定时，飞

轮的转动惯量 J 愈大，则它的角速度相对变化量$\frac{d\omega}{\omega}$就愈小，其关系如图 7—12 所示。

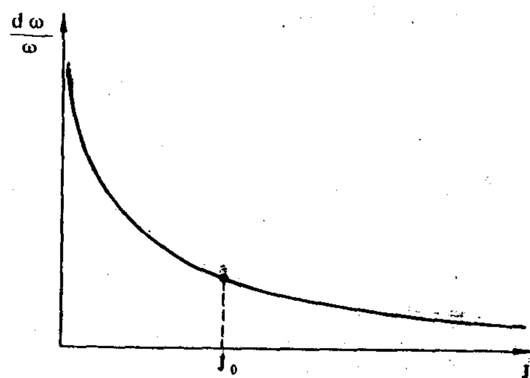


图 7—12　飞轮角速度相对变化量与转动惯量之间关系

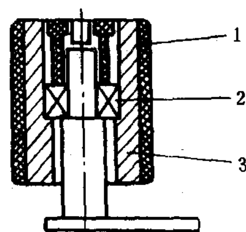
应该指出的是，由图 7—12 可以看出，飞轮的转动惯量并不是越大越好，因为当转动惯量大于某一数值 J_0 后，它对$\frac{d\omega}{\omega}$的影响就很小了。

在电子稳速方面，主要是通过采用闭环伺服系统来控制主导轴的转速。

至于 FG 信号的产生方法，可以有很多种，在第六章中已有介绍，此处略。

2. 压带轮组件

压带轮的结构如图 7—13 所示。由图知，它是在金属衬套 3 的外部，嵌一个橡胶圆柱体 1。在金属衬套内孔的中部，装有一个精度较高的单列向心球轴承 2。由于轴承中存在有少许的径向和轴向间隙，所以利用轴承本身的自位能力，可以使压带轮和主导轴的轴线，在一定范围内，自动保持平行。



1. 橡胶圆柱　2. 滚珠轴承　3. 金属衬套

图 7—13　压带轮结构

机心在重放（或记录）状态时，压带轮对主导轴施加有一定的正压力。此正压力起两种作用，一是使压带轮和主导轴对磁带产生足够的驱动力；二是防止收带时磁带在收带力矩的作用下，在主导轴与压带轮之间产生滑动。因此，必须将正压力控制在一个合适的范围内。VHS 型录像机的正压力，一般取为 12～15N。在正压力作用下，主导轴同时驱动磁带的光面和压带轮，并通过压带轮再驱动磁带的磁粉面。因此，磁带实际上是在主导轴和压带轮共同驱动下运行的。

为了保证磁带在同样的正压力作用下，获得最大的驱动摩擦力，在设计压带轮宽度时，应使压带轮宽于磁带宽度，使压带轮有部分面积直接与主导轴相贴接，其宽度满足下面方程式（参考图 7—14），即：

$$\frac{N}{B}[\mu_1 b+\mu_2(B-b)]=\frac{N}{B}[\mu_1 b+\mu_3 b]$$

整理后可得

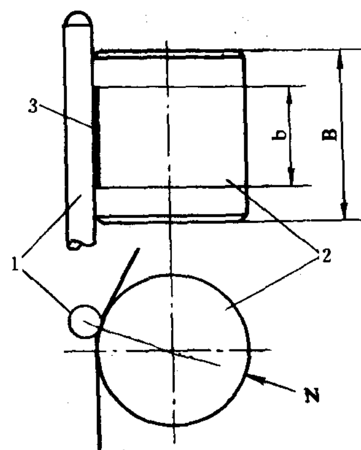
$$B=\left(\frac{\mu_2+\mu_3}{\mu_2}\right)b \tag{7—3}$$

式中：N——压带轮的正压力；

μ_1、μ_2、μ_3——分别为磁带光面与主导轴、主导轴与压带轮、压带轮与磁带磁粉面之间的摩擦系数；

b——磁带宽度；

B——压带轮宽度。



1. 主导轴　2. 压带轮　3. 磁带

图 7—14　磁带驱动力的计算

另外对 VHS 型录像机机心的测试表明，当主导轴与压带轮之间的正压力在 12～15N 间，主导轴和压带轮给磁带的最大牵引力约为 4～6N。实际上，当磁带在重放（或记录）状态下运行时，一般只需要有 1N 的牵引力就足够了。正压力其所以取得有这样大的富裕量，就是为了确保磁带在重放（或记录）状态时，不会由于收带力矩偏大时，而在主导轴与压带轮之间产生滑动。

7.3.2 阻尼轮组件

在VHS型录像机中，磁带在主导轴和压带轮共同牵引下，从供带侧的磁带盘出来，到收带侧的磁带盘收回，中间要经过各种导柱、张力杆、磁头以及磁鼓等零、部件。

磁带在运行时，要与上述零、部件发生摩擦。由于磁带是弹性体，因此摩擦力的不稳定、供带侧张力变化以及底板的振动等干扰因素，都有可能使磁带沿长度方向产生纵向振动。振动的结果会使录像机播放出的图像和声音质量变坏。

为了减小由于外部干扰引起的磁带纵向振动，在各种VHS型录像机机心中，通常在磁鼓的一侧或两侧装有阻尼轮。阻尼轮具有一定的转动惯量，在和磁带接触处与磁带有相同的线速度，所以当走带系统中安装阻尼轮后，磁带纵向振动的幅度就受到了抑制。

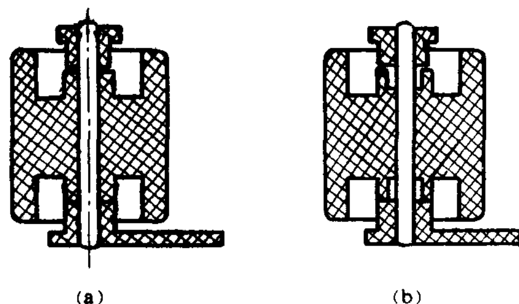
为了充分发挥阻尼轮的作用，在设计阻尼轮时，应注意以下几点：

① 实验表明，阻尼轮对纵向振动的衰减效果，主要决定于它的转动动能 $E=\frac{1}{2}J\omega^2$（式中 J 为阻尼轮的转动惯量；ω 为阻尼轮的角速度）。增加阻尼轮的转动动能，抑制范围将向低频区域扩大。

② 阻尼轮的转动动能，在磁带运行过程中不能全部用来抑制磁带的纵向振动，还必须考虑阻尼轮旋转时的摩擦损耗。若损耗为 ϕ，那么起抑制作用的转动动能只有：

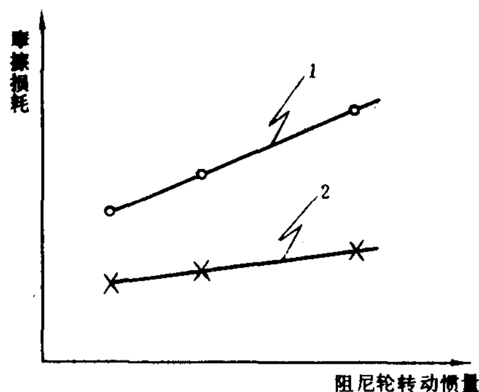
$$(\frac{1}{2}J\omega^2)^* = \frac{1}{2}J\omega^2 - \phi \quad (7—4)$$

在图7—15上表示出了两种阻尼轮的结构。在图(b)中，由于阻尼轮上、下两端与摩擦面之间的接触面积减小，故转动时，摩擦损耗 ϕ 小。而且当阻尼轮的转动惯量增加时，虽然阻尼轮的重量也随之加大，但摩擦损耗增加却很少，其情况如图7—16所示。



(a)不合理阻尼轮结构　(b)合理阻尼轮结构

图7—15　两种不同结构的阻尼轮



1.阻尼轮 a　2.阻尼轮 b

图7—16　不同结构的阻尼轮的转动惯量与摩擦损耗的关系

为了搞清阻尼轮对录像机音频抖晃的实际影响，我们在机心上装有阻尼轮和不装阻尼轮的情况下，对输出的音频不计权抖晃信号(JIS UNWTD)进行测量和频谱分析。测试时所选用的录像机分别为HR-2650(它只在磁鼓的供带侧装有阻尼轮)和HR-4100(它在磁鼓的供带和收带侧都装有阻尼轮)，频谱分析的方法和过程可参考本章7.9节。选用的最高分析频率为200Hz，分析得出的结果列在表7—2和表7—3上，其频谱图如图7—17和图7—18所示。

表 7—2　　　　HR-2650 录像机的测试和分析结果

条件 \ 抖晃	JIS UNWTD	音频不计权抖晃信号中主要频率分量的相对幅值					
		2Hz	25Hz	50Hz	100Hz	125Hz	150Hz
有阻尼轮	0.17%	57.25	55.75	81.88	13.14	6.96	6.25
无阻尼轮	0.22%	50.55	52.07	81.57	36.58	13.31	65.60

表 7—3　　　　HR-4100 录像机的测试和分析结果

条件 \ 抖晃	JIS UNWTD	音频不计权抖晃信号中主要频率分量的相对幅值							
		2.5Hz	5Hz	8Hz	17.5Hz	26.5Hz	35Hz	50Hz	100Hz
有阻尼轮	0.47%	16.16	98.69	14.22	4.74	6.66	9.84	3.03	3.28
去掉供带侧阻尼轮	0.49%	14.68	102.52	14.46	4.65	4.28	11.67	9.27	7.49
去掉收带侧阻尼轮	0.48%	6.54	107.32	15.85	4.60	6.11	5.14	5.64	4.87
两侧阻尼轮都去掉	0.47%	18.30	92.23	7.23	3.62	5.65	8.80	3.76	4.00

从测试和分析结果可知：

① 对 HR-2650 录像机，从图 7—17 和表 7—2 可以看出，供带侧装入阻尼轮后，对减小音频不计权抖晃值(UNWTD)是有一定效果的(抖晃值由0.22%下降到0.17%)。测试表明，在本机中它主要是衰减音频抖晃信号中频率为 100Hz、125Hz、150Hz 等高频分量。这些分量是由于磁鼓组件运转时，在供带侧形成的干扰产生的。音频抖晃中高频分量所占的比重愈大，则阻尼轮所起的抑制作用愈明显。

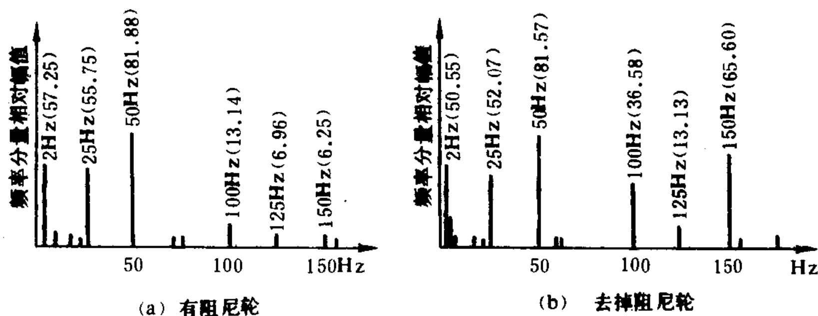


图 7—17　HR-2650 录像机音频抖晃率的频谱图

② 对 HR-4100 录像机从图 7—18 和表 7—3 知，阻尼轮对减小音频不计权抖晃所起作用是很小的。这是由于在本机中，音频抖晃信号包含的高频分量的相对幅值与低频分量相比要小很多，而阻尼轮主要是对高频分量有抑制作用。因此供、收带两侧阻尼轮的有无，自然对音频不计权抖晃率的大小不会有什么影响。

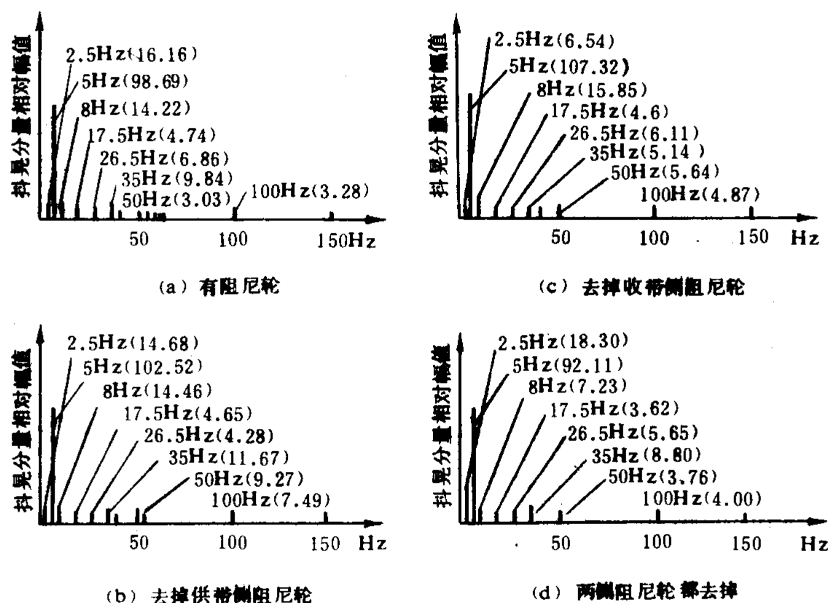


图 7—18　HR-4100 录像机音频抖晃率的频谱图

③ 在 VHS 型录像机中，音频抖晃信号所包含的低频分量，主要是由于主导轴组件、主传动皮带、收带离合器组件、压带轮组件等产生的。要减小这些分量的幅值，主要依靠提高它们本身的加工和装配精度，而阻尼轮对它们的影响则是很小。

④ 阻尼轮对录像机音频计权抖晃（WTD）的影响是很小的，这是由于音频抖晃信号在通过抖晃测试仪作计权测量时，该仪器的计权滤波器对抖晃信号中的高频分量进行了很大衰减，因此在音频计权抖晃信号中所包含的高频分量的相对幅值已经很小，故阻尼轮的作用无法表现出来。

⑤ 当外界干扰频率接近阻尼轮组件的固有频率时，阻尼轮组件会产生共振，从而使音频不计权抖晃信号中的某些频率分量的相对幅值，较阻尼轮装入前有所增加。此外，阻尼轮本身的制造和安装误差，也可能使磁带产生纵向振动。这些问题在设计阻尼轮时，应该仔细研究。否则有可能出现装入阻尼轮后，录像机的音频不计权抖晃值反而比不装前还要大的现象。

7.4 张力调整机构

7.4.1 张力调整机构的工作原理

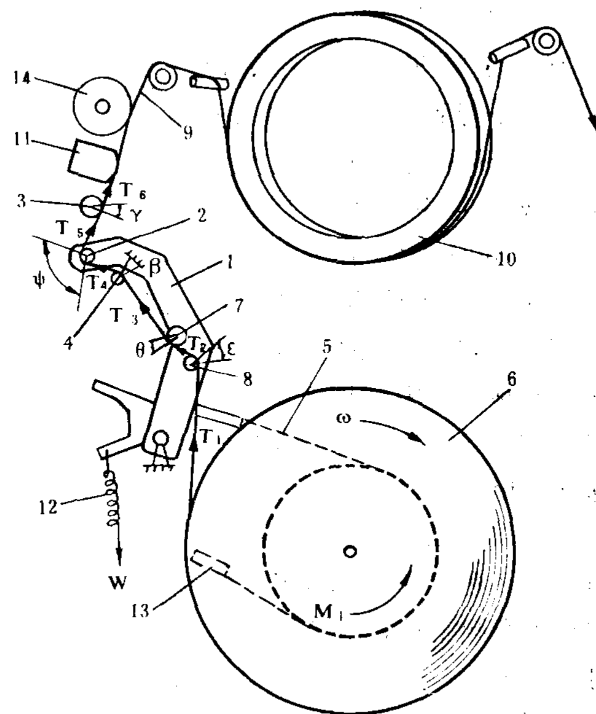
录像机在重放和记录时，磁带上必须具有一定的张力。为了保证重放和记录时图像的质量，通常对磁带上的张力大小提出以下要求：

① 磁带上各处的张力大小必须合适。张力过大磁带会被拉长甚至损坏，并使磁头磨损加快；张力过小，磁带会松弛，致使磁带与导柱及音频和视频磁头不能保持正常贴紧，因而在图像上产生杂波，并使消磁和重放效果变坏。

② 工作中磁带上各处的张力大小应基本保持稳定。否则，一方面会影响磁带瞬时速度的波动；另一方面也会影响记录和重放信号时基的稳定性。因为视频信号的时基在很大程度上取决于视频磁迹的实际长度（即磁带的实际长度）。张力忽大忽小，会使磁带长度发生变化，从而产生时基误差（视频抖晃）。

③ 磁带在记录和重放时，磁带在磁鼓进带侧附近的张力应彼此相近，否则重放时图像上部会产生歪曲。

录像机在运行时，有不少因素会引起磁带上张力发生变化。其中最主要的因素是重放（或记录）时供带盘上卷绕磁带包半径的改变。



1.张力臂 2.张力杆 3、4.固定导柱 5.张力带 6.卷绕的磁带包 7、8.带盒内导柱 9. 磁带 10.磁鼓 11.全消磁头 12.弹簧 13.调节板 14.阻尼轮

图 7—19 张力调整机构工作原理图

为了控制磁带上张力的大小及变化范围，在 VHS 型录像机中，通常都在走带系统的供带侧，安装一个机械张力调整机构。在图 7—19 上，我们画出了张力调整机构的工作原理图。这种结构在家用盒式录像机中，具有一定的代表性。

由图知，安装在张力臂 1 上的张力杆 2，紧贴在磁带 9 上。因而磁带在两个固定导柱 3 与 4 之间被拉紧。因此磁带上张力的大小，能够由张力杆中心偏离这两个导柱中心连线的距离大小来监测。张力臂实际上是一根杠杆。张力带 5 的一端与它相连。当磁带上张力增加时，张力臂朝着放松张力带方向（图中顺时针方向）转动，使磁带盘 6 运动时受到的阻力矩减小，从而导致磁带上的张力下降；当磁带上的张力减小时，在弹簧 12 的作用下，张力臂逆时针方向转动，使张力带拉紧，贴紧磁带盘，故磁带盘 6 转动时受到的阻力矩增加，从而使磁带上的张力也随之加大。这样，录像机在工作中通过不断自动调整作用在供带轮上的阻力矩的大小，就能使磁带上的张力稳定在一定的范围内。

7.4.2 张力调整机构的力学分析

为了研究张力调整机构对磁带上张力的稳定效果以及供带盘上磁带包半径的大小对张力的影响，在图 7—19 上我们标出了张力调整机构中磁带在各处的受力情况。图中 T_1、T_2、T_3、T_4、T_5、T_6 为磁带在不同位置时其上的张力。

在录像机的技术条件中，通常都对磁带在磁鼓入口处的张力提出要求。但是，由于结构尺寸的限制，VHS 型录像机的张力只能在全消磁头附近测量。因此，设计时我们必须对此处的张力大小（即 T_6）进行分析与估算。

估算时，我们采用取隔离体的方法，并假定在整个调整过程中，张力臂的位置变动很小，故弹簧上的弹力以及磁带在各导柱上的包角，在录像机整个重放或记录过程中，可以认为是不变的。

1. 张力杆附近磁带的受力分析

磁带在张力杆附近的受力情况如图 7—20 所示。

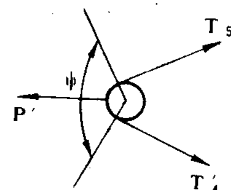


图 7—20 张力杆附近磁带的受力图

图中，T'_4 为张力 T_4 的反作用力；P' 为张力杆作用在磁带上的力，它的反作用力为 P。

根据作用力与反作用力相等的关系有：

$$T'_4=T_4;P'=P$$

由于磁带在 T_5、T_4'、P' 三力作用下平衡，故有：

$$P=P'=\sqrt{T_5^2+T_4'^2-2T_5T_4'\cos\psi}$$
$$=\sqrt{T_5^2+T_4^2-2T_5T_4\cos\psi} \qquad (7—5)$$

式中：ψ——为磁带在张力杆上的包角。

2. 张力臂的受力分析

张力臂的受力图如图 7—21 所示。

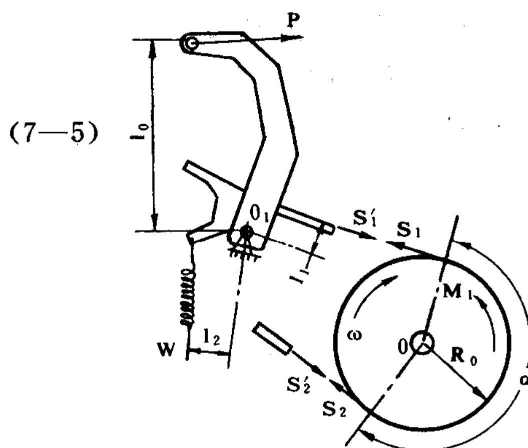


图 7—21 张力臂的受力图

根据张力臂的受力平衡条件，有：

$$\Sigma m_{o_1}(F)=0$$

得 $Wl_2-S_1'l_1-Pl_0=0$

所以 $S_1'=\dfrac{Wl_2-Pl_0}{l_1}$

因为 $S_1'=S_1;S_2=\dfrac{S_1}{e^{\mu_2\alpha}}=\dfrac{Wl_2-Pl_0}{l_1e^{\mu_2\alpha}}$

故张力带对供带轮的阻力矩 M_1 为：

$$M_1=(S_1-S_2)R_0=\frac{(Wl_2-Pl_0)(e^{\mu_2\alpha}-1)R_0}{l_1e^{\mu_2\alpha}} \tag{7—6}$$

式中： S_1、S_2——分别为张力带上紧边和松边的张力；

S_1'——为 S_1 的反作用力；

W——为弹簧的拉力；

l_0、l_1、l_2——分别为有关的几何尺寸；

μ_2——为张力带与供带轮之间的摩擦系数；

α——为张力带在供带轮上的包角；

R_0——为供带轮上被制动处的半径。

3. 供带盘部件的受力分析

供带盘部件的受力图如图 7—22 所示。由于供带盘在重放或记录过程中，角速度 ω 变化很慢，所以可以认为 $\frac{d\omega}{dt}\approx 0$，故分析时仍按静力学问题来处理。

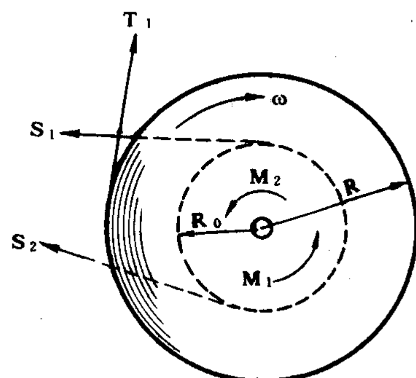


图 7—22 供带盘部件的受力图

根据供带盘的受力平衡条件有：

$$\Sigma M_0(F)=0$$

得 $M_1+M_2-T_1R=0$

所以 $T_1=\dfrac{M_1+M_2}{R}$ (7—7)

式中：M_1——为张力带产生的阻力矩；

M_2——为供带盘转动时受到的摩擦阻力矩；

T_1——为供带边上磁带的张力；

R——为供带盘上磁带的半径。

按公式(7—6)将 M_1 代入式(7—7)后得：

$$T_1=\frac{(Wl_2-Pl_0)(e^{\mu_2\alpha}-1)R_0+M_2l_1e^{\mu_2\alpha}}{Rl_1e^{\mu_2\alpha}} \tag{7—8}$$

4. 磁带在全消磁头附近的张力计算

为了推导出磁带在全消磁头附近张力 T_6 的计算公式，我们假定磁带与各导柱间的滑动摩擦系数均为 μ_1；ε、θ、β、ψ、γ 分别为磁带在各导柱上的包角，根据图 7—19 可得：

$$T_2=T_1e^{\mu_1\varepsilon};T_3=T_2e^{\mu_1\theta};T_4=T_3e^{\mu_1\beta};$$

$$T_5=T_4e^{\mu_1\psi};T_6=T_5e^{\mu_1\gamma}$$

所以

$$T_6=T_1e^{\mu_1(\varepsilon+\theta+\beta+\psi+\gamma)}=T_1e^{\mu_1\varphi} \tag{7—9}$$

式中

$$\varphi=\varepsilon+\theta+\beta+\psi+\gamma$$

将公式(7—8)中 T_1 代入公式(7—9)后得：

$$T_6=\frac{[(Wl_2-Pl_0)(e^{\mu_2\alpha}-1)R_0+M_2l_1e^{\mu_2\alpha}]e^{\mu_1\varphi}}{Rl_1e^{\mu_2\alpha}} \tag{7—10}$$

由公式(7—5)知：

$$\begin{aligned}P&=\sqrt{T_5^2+T_4^2-2T_5T_4\cos\psi}\\&=\sqrt{\left(\frac{T_6}{e^{\mu_1\gamma}}\right)^2+\left(\frac{T_6}{e^{\mu_1(\gamma+\psi)}}\right)^2-T_6^2\left(\frac{2\cos\psi}{e^{\mu_1(2\gamma+\psi)}}\right)}\\&=KT_6\end{aligned} \tag{7—11}$$

式中：

$$K=\sqrt{\left(\frac{1}{e^{\mu_1\gamma}}\right)^2+\left(\frac{1}{e^{\mu_1(\gamma+\psi)}}\right)^2-\left(\frac{2\cos\psi}{e^{\mu_1(2\gamma+\psi)}}\right)}$$

将公式(7—11)中 P 代入公式(7—10)后，可得：

$$T_6=\frac{[(Wl_2)(e^{\mu_2\alpha}-1)R_0+M_2l_1e^{\mu_2\alpha}]e^{\mu_1\varphi}}{Kl_0(e^{\mu_2\alpha}-1)e^{\mu_1\varphi}R_0+l_1Re^{\mu_2\alpha}} \tag{7—12}$$

公式(7—12)表示出了安装张力调整机构后，录像机上磁带在全消磁头附近的张力大小与供带盘上磁带半径之间的关系。通过这一公式，我们可以估算出该处的张力值。

将公式(7—12)对 R 微分后得：

$$\frac{dT_6}{dR}=\frac{-[Wl_2(e^{\mu_2\alpha}-1)R_0+M_2l_1e^{\mu_2\alpha}]e^{\mu_1\varphi}}{[Kl_0(e^{\mu_2\alpha}-1)e^{\mu_1\varphi}R_0+l_1Re^{\mu_2\alpha}]^2}l_1e^{\mu_2\alpha}$$

$$=\frac{-T_6e^{\mu_2\alpha}}{K\dfrac{l_0}{l_1}(e^{\mu_2\alpha}-1)e^{\mu_1\varphi}R_0+Re^{\mu_2\alpha}} \tag{7—13}$$

公式(7—13)可以用来定量分析磁带上张力的稳定效果。当 T_6 和 R 一定时，$\left|\frac{dT_6}{dR}\right|$愈小，则表明张力调整机构对磁带上张力的稳定效果愈好。

7.4.3 张力调整机构设计要点

① 分析公式(7—12)可知，磁带上张力 T_6 的额定值，主要决定于弹簧拉力 W 和几何结构尺寸 l_2，W 和 l_2 愈大，则 T_6 也愈大。

② 分析公式(7—13)可知，由于各种录像机中 μ_1、μ_2、α、R_0 的数值都很接近，因此，当 R 和张力 T_6 的额定值相同时，$\left|\frac{dT_6}{dR}\right|$的大小主要决定于$\left(\frac{Kl_0e^{\mu_1\varphi}}{l_1}\right)$的大小。显然左式中分母愈小，分子愈大，则$\left|\frac{dT_6}{dR}\right|$愈小，因而张力调整机构对张力的稳定效果也愈好。

③ 在公式(7—13)中系数 $Ke^{\mu_1\varphi}$，是磁带在张力杆上包角 ψ 的函数，其中：

$$K=\sqrt{\left(\frac{1}{e^{\mu_1\gamma}}\right)^2+\left(\frac{1}{e^{\mu_1(\gamma+\psi)}}\right)^2-\frac{2\cos\psi}{e^{\mu_1(2\gamma+\psi)}}} \tag{7—14}$$

$$e^{\mu_1\varphi}=e^{\mu_1(\varepsilon+\theta+\beta+\psi+\gamma)} \tag{7—15}$$

所以 $$Ke^{\mu_1\varphi}=\sqrt{[e^{\mu_1(\varepsilon+\theta+\beta+\psi)}]^2+[e^{\mu_1(\varepsilon+\theta+\beta)}]^2-2\cos\psi e^{\mu_1(2\varepsilon+2\theta+2\beta+\psi)}} \tag{7—16}$$

按公式(7—16)计算出的 $K^{\mu_1\varphi}$与 ψ 的相互关系，列于表 7—4 和图 7—23 上。计算时取：

$$\mu_1=0.15;\varepsilon=25°;$$
$$\theta=15°;\beta=45°。$$

表 7—4　　系数 $Ke^{\mu_1\varphi}$与包角 ψ 之间关系

ψ	30°	40°	60°	80°	100°	120°	140°	160°	180°
$Ke^{\mu_1\varphi}$	0.68	0.91	1.37	1.81	2.21	2.57	2.87	3.10	3.25

由图及表知：当 ψ 在 30°～180°范围内变化时，ψ 愈大则 $Ke^{\mu_1\varphi}$也愈大故$\left|\frac{dT_6}{dR}\right|$愈小。因此在机

心结构条件允许的情况下，将磁带在张力杆上的包角 ψ 取得大些，对稳定磁带上的张力是有好处的。

④ 机心的张力调整机构的调整过程如下(参阅图 7—19)：首先使用特制的模板，通过调整调节板 13 来确定张力杆的起始位置，以保证磁带在张力杆上的初始包角满足设计要求。然后再用 *E*—180 磁带，在供带盘满盘时，测量磁带在全消磁头附近的张力 T_6，并通过改变弹簧 12 的拉力大小，使 T_6 的额定值达到技术条件所规定的范围内。

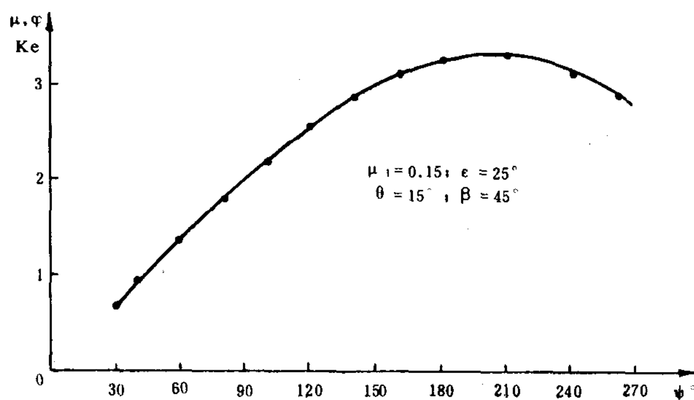


图 7—23　系数 $Ke^{\mu_1\varphi}$ 与 ψ 之间关系图

7.5 带 盘 机 构

带盘机构是录像机机心的重要组成部分之一。机心在快进、倒带以及重放(或记录)时的卷带功能，都是依靠带盘机构完成的。

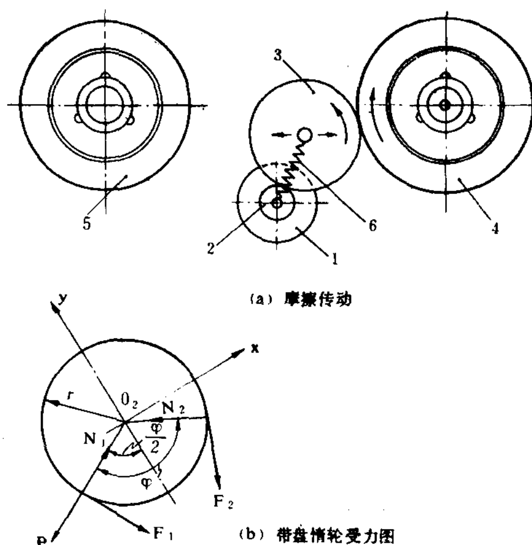
带盘机构的驱动，可以有两种方式：一种是采用专用的带盘电机驱动；另一种则是用主导电机来驱动。

带盘机构采用的传动方式也有两种：一种是摩擦传动；另一种是齿轮传动。下面对这两种传动方式分别进行讨论。

7.5.1 摩擦传动

摩擦传动由于传动平稳，工作时噪声小，过载时能打滑等优点，所以在机心的带盘机构中得到了广泛应用。

使用摩擦传动的带盘机构如图 7—24 所示。图中带盘惰轮 3 可以左、右摆动。当带盘电机 1 顺时针方向旋转时，带盘惰轮向右摆动并与收带轮 4 接触。因此带盘电机的转动，通过小轮 2 及带盘惰轮 3 使收带轮旋转，实现在快进(或重放)状态下的卷带功能。当带盘电机逆时针方向旋转时，带盘惰轮 3 向左摆动，并与供带轮 5 接触，因此带盘电机的转动，通过其上的小轮 2 及带盘惰轮 3 使供带轮旋转，实现倒带状态下的卷带功能。



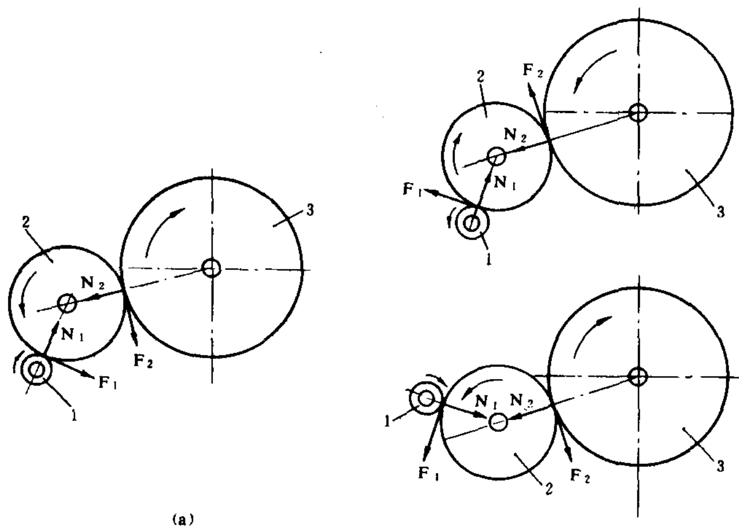
1. 带盘电机　2. 小轮　3. 带盘惰轮
4. 收带轮　5. 供带轮　6. 弹簧

图 7—24　摩擦传动的带盘机构

在设计摩擦传动的带盘机构时，主要考虑的问题是：必须保证在快进和倒带时，能提供足够大的传动力矩。对图 7—24(*a*)所示的机构，快进和倒带时传动力矩的大小，除了取决于弹簧 6 的拉力外，还与带盘机构中带盘惰轮 3 所处的位置有密切的关系。下面对此问题进行分析与讨论。

1. 带盘惰轮的位置与主动轮转向的关系

当带盘惰轮的位置配置正确时，它在主动轮和从动轮摩擦力的作用下有“内向”移动的趋势。这样即使摩擦轮圆周有少许磨损，它也能自动送进，使各轮之间继续保持正常接触。在图7—25(*a*)中带盘惰轮配置的位置是正确的，而图7—25(*b*)中带盘惰轮配置的位置则是错误的。



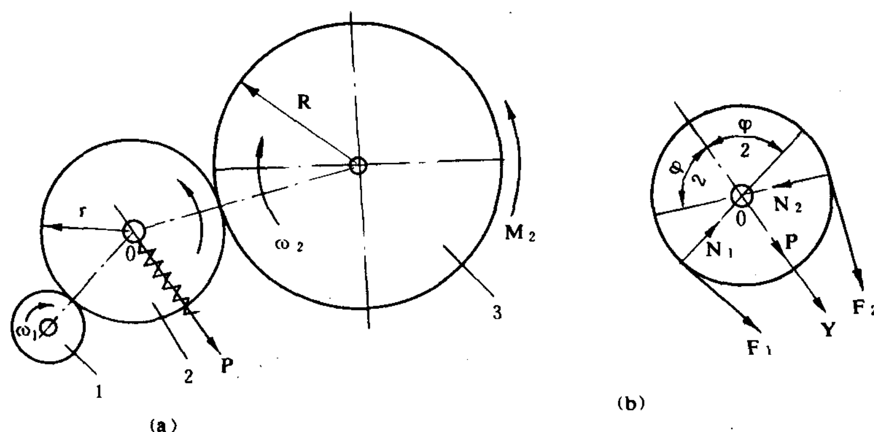
1. 主动轮　2. 带盘惰轮　3. 从动轮

(*a*)带盘惰轮位置布置正确　(*b*)带盘惰轮位置布置不正确

图7—25　带盘惰轮位置的配置方案

2. 带盘惰轮安装角的确定

下面以图7—26的摩擦传动为例，对带盘惰轮的受力情况进行分析，带盘惰轮的受力情况如图7—26(*b*)所示。



1. 主动轮　2. 带盘惰轮　3. 从动轮(收带轮)

(*a*)带盘机构　(*b*)受力图

图7—26　带盘惰轮的受力分析图

图中：F_1、F_2——分别为主动轮和从动轮作用在带盘惰轮上的摩擦力；

N_1、N_2——分别为主动轮和从动轮作用在带盘惰轮上的正压力；

M_2——作用在从动带轮上的负载力矩；

R——从动带轮的半径；

μ_1、μ_2——分别为带盘惰轮与主动轮及从动轮之间的摩擦系数；

φ——带盘惰轮的安装角；

P——作用在带盘惰轮上的弹簧力；

r——带盘惰轮的半径。

根据带盘惰轮的受力平衡条件，

① $\Sigma m_0(F)=0$

所以
$$F_2\cdot r-F_1\cdot r=0 \tag{7—17}$$

又
$$F_2=\mu_2N_2=\frac{M_2}{R} \tag{7—18}$$

$$F_1=\mu_1N_1 \tag{7—19}$$

设
$$\mu_1=\mu_2=\mu$$

将 F_2 及 F_1 代入公式(7—17)后得：

$$N_1=N_2=N=\frac{M_2}{\mu R} \tag{7—20}$$

② $\Sigma Y=0$

$$P+\mu_1N_1\sin\frac{\varphi}{2}+\mu_2N_2\sin\frac{\varphi}{2}-N_1\cos\frac{\varphi}{2}-N_2\cos\frac{\varphi}{2}=0 \tag{7—21}$$

将 $N_1=N_2=N$ 代入公式(7—21)后得：

$$P/N=2\left(\cos\frac{\varphi}{2}-\mu\sin\frac{\varphi}{2}\right) \tag{7—22}$$

将公式(7—20)中 N 值代入公式(7—22)后得：

$$P/M_2=2\left(\cos\frac{\varphi}{2}-\mu\sin\frac{\varphi}{2}\right)/\mu R \tag{7—23}$$

或
$$M_2=\frac{\mu PR}{2\left(\cos\frac{\varphi}{2}-\mu\sin\frac{\varphi}{2}\right)} \tag{7—24}$$

为了减小带盘机构的弹簧力，令

$$P/N=0$$

由公式(7—23)知，此时

$$\cos\frac{\varphi}{2}-\mu\sin\frac{\varphi}{2}=0$$

所以
$$\varphi=\varphi_0=2\mathrm{tg}^{-1}\left(\frac{1}{\mu}\right) \tag{7—25}$$

φ_0 称为最佳安装角。当摩擦传动中，带盘惰轮的实际安装角 φ 处在 φ_0 附近时，即使弹簧拉力很小，带盘机构也能传递一定的力矩。

根据公式(7—22)，可以作出图 7—27。该图表示了 P/N 与 φ 角的关系。由图可知，当 $\mu=0.5$时，带盘机构的安装角，一般可取在 120°～135°范围内。

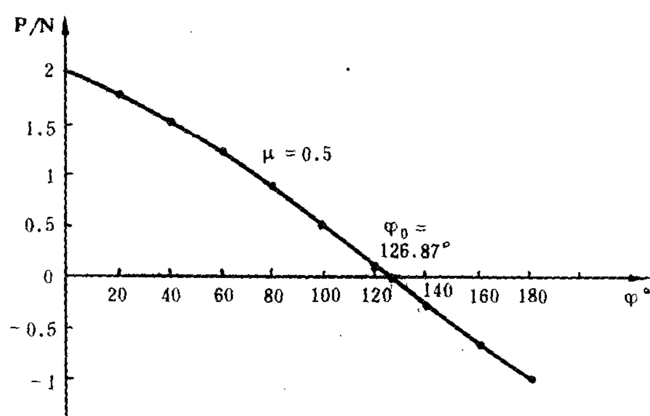


图 7—27　比值 P/N 与 φ 角的关系

3. 计算举例

实际设计和计算摩擦传动的过程，往往要比上面介绍的情况复杂一些。首先弹簧拉力的作用方向不一定在安装角的平分线上。其

次主动轮和从动轮与带盘惰轮之间的摩擦系数并不一定相等。下面以图 7—26(a)所表示的带盘机构为例，进行分析与计算。

设该图表示的位置是快进状态。M_2 为需要传递的快进力矩，带盘惰轮的受力情况见图 7—26(b)，其平衡条件为：

$$①\qquad \Sigma M_{0_2}(F)=0$$

$$F_2\cdot r-F_1\cdot r=0$$

所以

$$F_1=F_2=\frac{M_2}{R} \tag{7—26}$$

$$②\qquad \Sigma Y=0$$

$$(N_1-P)\cos\frac{\varphi}{2}-N_2\cos\frac{\varphi}{2}-(F_1+F_2)\sin\frac{\varphi}{2}=0 \tag{7—27}$$

$$③\qquad \Sigma X=0$$

$$(N_1-P)\sin\frac{\varphi}{2}-N_2\sin\frac{\varphi}{2}+(F_1-F_2)\cos\frac{\varphi}{2}=0 \tag{7—28}$$

通常，带盘惰轮与主动轮之间的摩擦系数 μ_1 都小于带盘惰轮与收(供)带轮之间的摩擦系数 μ_2，即打滑现象首先发生在主动轮与带盘惰轮接触处。为了保证传动可靠，在公式(7—28)中，取：

$$F_1=F_2=F=\mu_1 N_1 \tag{7—29}$$

所以 $$N_1=\frac{F}{\mu_1}=\frac{M_2}{\mu_1 R} \tag{7—30}$$

从公式(7—27)和(7—28)中消去 N_2 后，得：

$$2(N_1-P)\sin\frac{\varphi}{2}\cos\frac{\varphi}{2}-F_1\sin^2\frac{\varphi}{2}+F_1\cos^2\frac{\varphi}{2}-F_2\sin^2\frac{\varphi}{2}-F_2\cos^2\frac{\varphi}{2}=0$$

即

$$2(N_1-P)\sin\frac{\varphi}{2}\cos\frac{\varphi}{2}+F_1\left(1-2\sin^2\frac{\varphi}{2}\right)-F_2=0 \tag{7—31}$$

因

$$F_1=F_2=F$$

所以

$$2(N_1-P)\sin\frac{\varphi}{2}\cos\frac{\varphi}{2}+2F\sin^2\frac{\varphi}{2}=0 \tag{7—32}$$

将公式(7—29)F 值代入公式(7—32)后，得：

$$P=\frac{N_1\left(\cos\frac{\varphi}{2}-\mu_1\sin\frac{\varphi}{2}\right)}{\cos\frac{\varphi}{2}} \tag{7—33}$$

即

$$P/N_1=1-\mu_1\mathrm{tg}\frac{\varphi}{2} \tag{7—34}$$

按公式(7—30)将 N_1 代入公式(7—33)后，得：

$$M_2=\frac{\mu_1 PR\cos\frac{\varphi}{2}}{\left(\cos\frac{\varphi}{2}-\mu_1\sin\frac{\varphi}{2}\right)}=\frac{\mu_1 PR}{1-\mu_1\mathrm{tg}\frac{\varphi}{2}} \tag{7—35}$$

设 $P=0.8N$，$R=2.2\mathrm{cm}$，$\frac{\varphi}{2}=65°$，$\mu_1=0.42$

将上述数据代入公式(7—35)后，得：

$$M_2 = \frac{0.42 \times 0.8 \times 2.2}{1 - 0.42\text{tg}65°} = 7.44\text{N} \cdot \text{cm}$$

4. 讨论

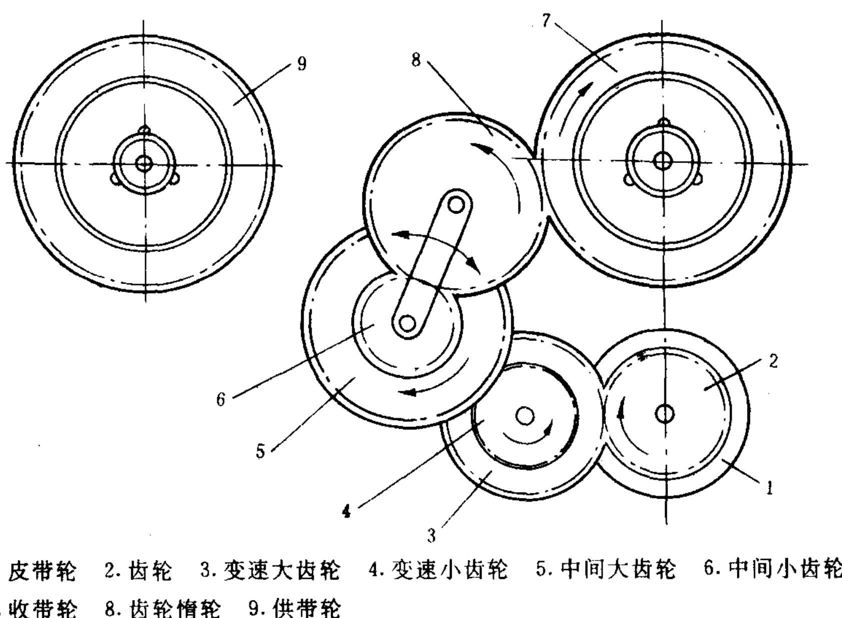
① 在摩擦传动的带盘机构中，传递力矩的大小，主要决定于带盘惰轮的安装角 φ。当弹簧拉力 P 和摩擦系数 μ_1 一定时，φ 角越大则传递的力矩也越大。但是，如果 φ 角过大，则带盘惰轮上受到的正压力 N_1 及 N_2 都很大，故使带盘惰轮，在旋转时受到的阻力矩增加，因而运转不灵活。

② 录像机机心中，带轮的快进(或倒带)力矩，一般都要求大于 4N·cm，大部分录像机机心，带轮的快进(或倒带)力矩的实测值都在 6N·cm 以上。因此安装角 φ 通常是在 120°～130°之间选取。主动件与带盘惰轮之间的摩擦系数 μ_1 愈大，则 φ 值可取小些。

③ 在设计带盘机构时，由于供、收两带轮的中心距已定，故带盘惰轮安装角的大小，只能通过改变带盘惰轮及带轮的直径来改变。

7.5.2 齿轮传动的带盘机构

摩擦传动的带盘机构，虽然有一些优点，但是由于工作时传动比不易保证，故带轮转速容易波动。此外，还存在传动力矩不稳定、工作时各轮之间的径向压力较大、摩擦表面容易磨损等问题，所以在最近开发的录像机中，广泛采用齿轮传动的带盘机构。



1. 皮带轮　2. 齿轮　3. 变速大齿轮　4. 变速小齿轮　5. 中间大齿轮　6. 中间小齿轮
7. 收带轮　8. 齿轮惰轮　9. 供带轮

图 7—28　齿轮传动的带盘机构

齿轮传动的特点是：工作可靠、传动比稳定。由于是啮合传动，故工作时不需要任何的外加压紧力，且传动效率高，但是传动时可能产生噪音。

在带盘机构中，齿轮传动有两种运用方式：一种是从运动输入轴至带轮之间的所有传动机构都采用齿轮传动；另一种则是带轮的传动仍采用摩擦传动，而其它传动机构则采用齿轮传动。

在图 7—28 上，画出了齿轮传动的带盘机构的原理图。该机构由主导电机(图中未画出)经皮带驱动皮带轮 1，再经齿轮 2、变速齿轮 3 及 4、中间齿轮 5 及 6，将转矩传给齿轮惰轮 8，最后通过齿轮惰轮驱动收带轮 7(快进或重放状态)或供带轮 9(倒带状态)。

为了保证传动可靠，在设计齿轮传动的带盘机构时，也要考虑齿轮惰轮的安装位置与主动轮转向关系以及安装角等问题。由于齿轮传动时，轮齿间的作用力总是沿着啮合线方向，而啮合线与两齿轮节圆公切线的夹角 α（压力角）为 20°（见图 7—29），所以根据齿轮惰轮的受力平衡条件有：

① $\Sigma m_0(F)=0$

$$F_1 \cdot r - F_2 \cdot r = 0$$

得

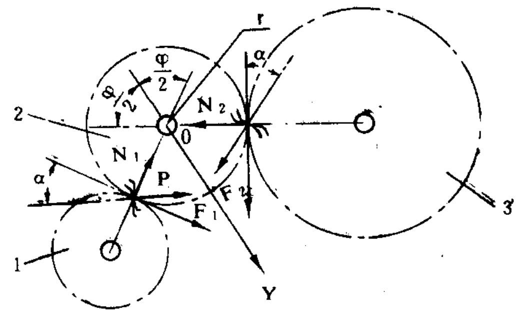
$$F_1 = F_2$$

又 $\frac{N_1}{F_1}=\text{tg}\alpha;\ \frac{N_2}{F_2}=\text{tg}\alpha$

所以 $N_1=N_2=N$

② $\Sigma Y=0$

$$F_1\sin\frac{\varphi}{2}+F_2\sin\frac{\varphi}{2}-N_1\cos\frac{\varphi}{2}-N_2\cos\frac{\varphi}{2}=0$$



1. 主动齿轮　2. 齿轮惰轮　3. 从动齿轮

图 7—29　齿轮惰轮的受力图

得 $2N\sin\frac{\varphi}{2}/\text{tg}\alpha-2N\cos\frac{\varphi}{2}=0$

所以

$$\cos\frac{\varphi}{2}-\sin\frac{\varphi}{2}/\text{tg}\alpha=0 \qquad (7—36)$$

$$\varphi=\varphi_0=2\alpha=40°$$

式中：F_1、F_2——分别为主动齿轮和从动齿轮作用在齿轮惰轮上的切向力；

N_1、N_2——分别为主动齿轮和从动齿轮作用在齿轮惰轮上的径向力；

α——齿轮的压力角；

φ——齿轮惰轮的安装角；

r——齿轮惰轮的节圆半径。

由上面分析可知：

① 在齿轮传动的带盘机构中，齿轮惰轮的最佳安装角 φ_0 与齿轮轮齿间的摩擦系数无关，它等于齿轮压力角的两倍。

② 只要齿轮惰轮的安装角 φ 大于 40°，带盘机构就能可靠地传递足够大的力矩，而这一角度值，在设计时是很容易实现的。

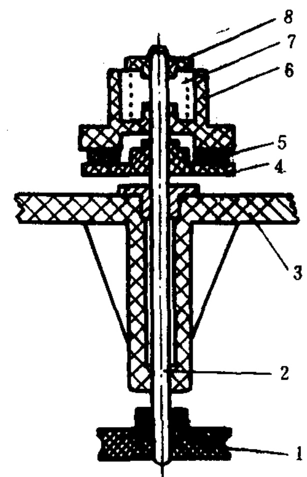
在新设计的带盘机构中，齿轮传动常采用高齿渐开线齿轮（齿总高大于三倍模数）。这种齿轮传动的特点是传动时重叠系数大，故工作中同时啮合的齿对数多，因而工作平稳性增加、噪声下降。

7.5.3 收带离合器

当录像机处在重放（或记录）状态时，随着工作时间增加，收带盘上磁带包的直径将越来越大，若收带轮转速不变，那么磁带的收带线速度将不断增加。但是由主导轴和压带轮送出的磁带速度是恒定的（23.39mm/s），因此如果在带盘机构中不采取任何措施，则重放（或记录）状态时，磁带上将会产生过大的张力。为了解决这一问题，在带盘机构中，安装了一个收带离合器（见图 7—30）。当机心处在重放（或记录）时，一般都要通过此离合器进行收带。

离合器只在重放（或记录）时才起作用，其工作原理如下：图中驱动力矩由皮带轮 1 输入，轮 1 与盘 4 都固定在轴 2 上。毛毡圈 5 粘在盘 4 上，利用弹簧 7 的压力，使毛毡圈 5 及摩擦轮 6 之间产生摩擦力矩。

工作时，驱动力矩通过摩擦轮 6 传给收带轮，所以当作用在收带轮上的负载力矩超过一定值后，毛毡圈和摩擦轮之间会出现打滑，使收带轮的转速变慢，避免了在磁带上产生过大的张力。通过调整弹簧 7 的压力大小，可以改变摩擦力矩值。



1. 皮带轮 2. 轴 3. 支架 4. 盘 5. 毛毡圈 6. 摩擦轮 7. 弹簧 8. 挡圈

图 7—30 离合器的结构简图

1. 离合器中摩擦力矩的计算

录像机机心的收带力矩，对机心正常、稳定、可靠工作有很大的影响。大多数录像机，对收带力矩的取值范围，都有明确的要求。因为如果收带力矩太小，工作时从主导轴送出的磁带，不能全部被收带轮收回，会出现抛带（磁带溢出）现象；反之如果收带力矩过大，则收带时磁带上的张力太大，不但影响走带稳定，也可能拉损磁带。

收带力矩的大小，可以通过计算离合器打滑时的摩擦力矩来确定。

图 7—31 画出了摩擦力矩计算的原理图。图中设毛毡圈 5 上的压强为 P，并假定它是均匀分布的，所以单位面积上的压力（即压强）为：

$$P=\frac{P}{\pi(R_2^2-R_1^2)} \tag{7—37}$$

式中： P——弹簧压力；

R_2、R_1——分别为毛毡圈的外半径和内半径。

假定毛毡与接触面之间的摩擦系数为 μ，在毛毡圈任意半径 R 处取一小圆环作为分析对象。那么，在该圆环上产生的摩擦力矩为：

$$dM_c=R\mu dP=R\mu P2\pi RdR=2\pi\mu PR^2dR$$

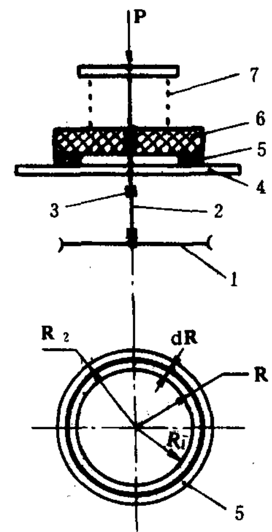
因此毛毡圈在整个接触面上产生的摩擦力矩 M_c 为：

$$M_c=\int_{R_1}^{R_2}dM_c=\int_{R_1}^{R_2}2\pi\mu PR^2dR=\int_{R_1}^{R_2}\frac{2\mu P}{(R_2^2-R_1^2)}R^2dR$$

$$=\frac{2}{3}\mu P\frac{R_2^3-R_1^3}{R_2^2-R_1^2}=\mu PR' \tag{7—38}$$

式中：

$$R'=\frac{2}{3}\left(\frac{R_2^3-R_1^3}{R_2^2-R_1^2}\right)$$



1. 皮带轮 2. 轴 3. 轴承 4. 盘 5. 毛毡圈 6. 摩擦轮 7. 弹簧

图 7—31 离合器中摩擦力矩的计算图

2. 离合器设计中的几个问题

(1) 离合器中摩擦力矩与收带力矩关系

由于在大多数录像机中，离合器与收带轮之间都经过了一级减速（见图 7—32），所以离合器打滑时的摩擦力矩并不等于收带力矩。在计算它们之间的关系时，必须考虑减速比的影响。

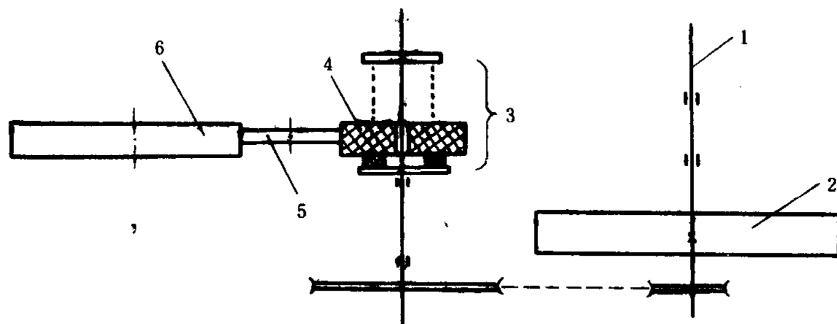
设 M_T 表示收带轮上的收带力矩，由式(7—38)可以推出：

$$M_T=\eta iMc=\frac{2}{3}\eta i\mu P\left(\frac{R_2^3-R_1^3}{R_2^2-R_1^2}\right) \tag{7—39}$$

式中： η——离合器与收带轮之间的传动效率；

i——离合器与收带轮之间的减速比。

以某录像机机心为例：



1. 主导轴　2. 飞轮　3. 离合器　4. 摩擦轮　5. 惰轮　6. 收带轮

图 7—32　离合器在带盘机构中的位置

实测出 $P=2.35\text{N}, R_2=0.85\text{cm}, R_1=0.55\text{cm}$,

$$i=\frac{48}{12}=4$$

取

$$\mu=0.3, \eta=0.75$$

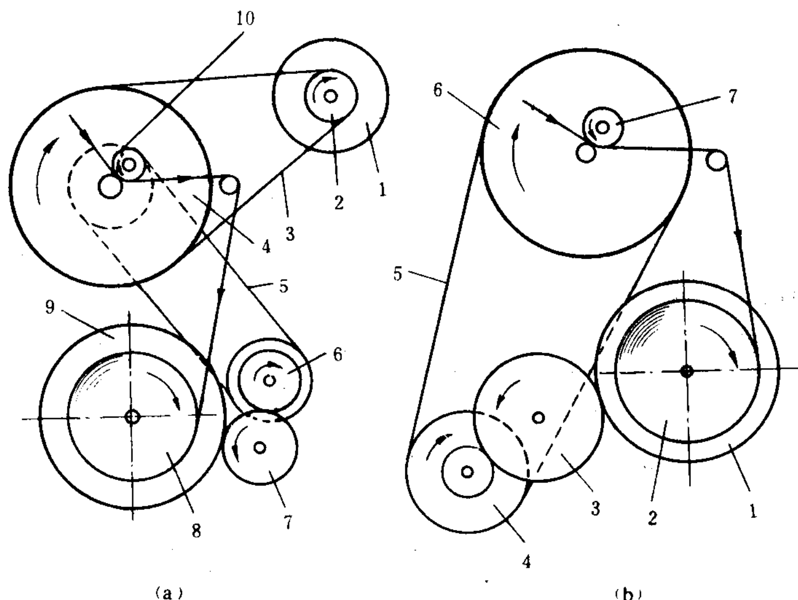
将上述数据代入公式(7—38)和公式(7—39)后得:

$$M_c=\frac{2}{3}\mu P\left(\frac{R_2^3-R_1^3}{R_2^2-R_1^2}\right)=0.5\text{N}\cdot\text{cm}$$

$$M_T=\frac{2}{3}\eta i\mu P\left(\frac{R_2^3-R_1^3}{R_2^2-R_1^2}\right)=1.5\text{N}\cdot\text{cm}$$

(2) 离合器的安装位置

如上所述,在使用离合器的录像机中,离合器与收带轮之间,一般都装有一级传动比为 i 的减速装置。这种布置方式,能使收带轮上的收带力矩比离合器提供的摩擦力矩大 i 倍。不过由于传动零件数目的增加,总传动效率将有所降低。此外,如果由于某些原因,使离合器中的摩擦力矩发生波动,则此波动量也将放大 i 倍传给收带轮,从而影响收带力矩的稳定性。在图 7—33 上列出了录像机中离合器的两种布置方案。



1. 主导电机　2. 小轮　3. 皮带　4. 主导轴及飞轮　5. 皮带　6. 离合器　7. 惰轮　8. 磁带盘　9. 收带轮　10. 压带轮

(a)方案 1

1. 收带轮　2. 磁带盘　3. 带盘惰轮　4. 离合器　5. 皮带　6. 直接驱动的主导电机　7. 压带轮

(b)方案 2

图 7—33　录像机中离合器的两种布置方案

(3) 毛毡圈内、外半径的决定

由上面分析可知,离合器产生的摩擦力矩 M_c 愈大,则收带轮上的收带力矩 M_T 也愈大。

从公式(7—38)知:

$$M_c=\frac{2}{3}\mu P\left(\frac{R_2^3-R_1^3}{R_2^2-R_1^2}\right)=\frac{2}{3}\mu PR_2\left(\frac{1-m^3}{1-m_2}\right)$$

$$=\frac{2}{3}\mu KPR_2 \qquad (7—40)$$

式中：
$$m=\frac{R_2}{R_1}, K=\left(\frac{1-m^3}{1-m^2}\right)$$

由公式(7—40)可以看出，在 μ、P、R_2 一定时，离合器产生的摩擦力矩 M_c 与 K 成正比。但是，K 值是随 $m=\frac{R_2}{R_1}$ 变化的，它们之间的关系列在表 7—5 上。

表 7—5　　m 与 K 之间的关系

m	0	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
K	1	1.114	1.167	1.225	1.288	1.356	1.426

由表 7—5 知，随着 m 增加，K 值也增加，故 M_c 和 M_T 都将变大。但是由于机心实际尺寸的限制，毛毡圈内、外半径之比 m 所允许的变化范围是有限的。此外，随着 m 的增加，毛毡圈的面积将减小，故它上面的压强也会加大，这无疑会使毛毡圈的磨损加快。

在录像机的离合器中，通常取 $m=0.6\sim0.65$。

(4) 离合器的寿命

收带轮上收带力矩的稳定性和可靠性，与离合器的寿命有密切关系。而离合器的寿命(即磨损程度)，主要决定于毛毡圈与摩擦轮之间的相对速度 V 以及毛毡圈上的压强 P。V 与 P 的乘积愈大，则毛毡圈愈易磨损。

(5) 收带力矩的取值范围

收带力矩的作用，是用来克服重放(或记录)状态时，收带轮旋转所受到的阻力矩，并使磁带以一定的张力均匀绕紧在收带盘上。

收带力矩确定后，就可以根据它来计算离合器的摩擦力矩。

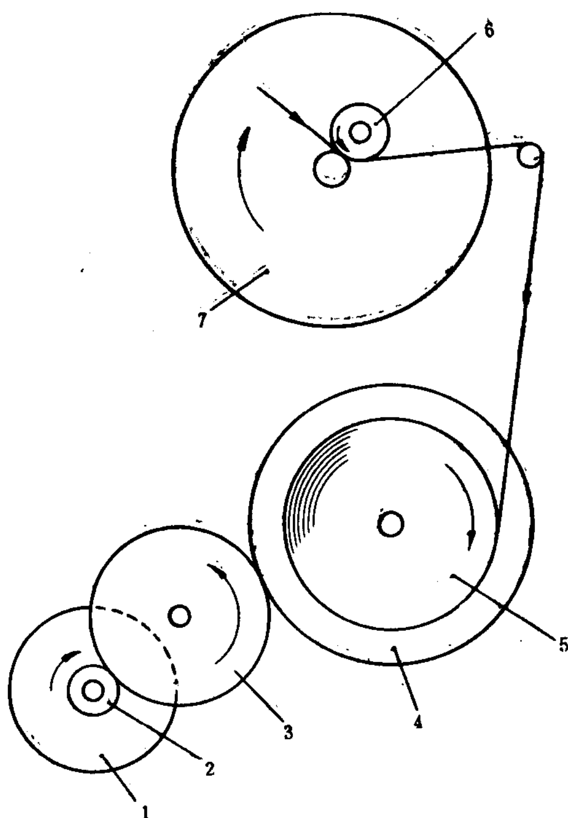
在机心的技术指标中，一般都对收带力矩的取值范围做了规定。在表 7—6 上列出了几种 VHS 型录像机规定的收带力矩的上限值及下限值。

表 7—6　　几种 VHS 型录像机的收带力矩

录像机型号	收带力矩下限值(N·cm)	收带力矩上限值(N·cm)
HR—4100	0.8	2.2
HR—2200	0.6	1.2
HR—2650	0.6	1.5
HR—S10	0.6	1
NV—7500	1.2	1.9
NV—370	1	1.5
NV—450	1	1.4
VT—426E	0.8	1.7
VC—A507D	0.65	1.25

值得一提的是，在某些录像机中，不采用离合器，机心重放(或记录)时的收带运动，是由带盘电机驱动的(见图 7—34)。收带力矩的大小，由带盘电机转子绕组中流过的电流决定，当绕

组中流过的电流恒定时，收带力矩也就确定了。



1. 带盘电机 2. 小轮 3. 带盘惰轮 4. 收带轮 5. 磁带盘 6. 压带轮 7. 主导轴及飞轮

图 7—34 不用离合器的带盘机构

7.6 加载机构

7.6.1 概述

录像机中加载机构的作用参见图 7—1 所示(图中虚线部分表示加载前的位置)。该图表示了 VHS 型录像机磁带在加载前和加载后的情况。由图知：加载前供带侧垂直导柱 6、斜导柱 7、张力杆 3 以及收带侧垂直导柱 10、斜导柱 9 都处在带盒内。加载时、供、收带两侧的垂直导柱及斜导柱从带盒中沿一定轨迹移出，将磁带从带盒中拉出并使其包绕在磁鼓及有关的零件上。与此同时，张力杆 3 逆时针方向转动，使磁带上产生一定的张力。

加载机构设计时的主要参数有两个，即：加载时间和加载终了时对滑块座的压紧力。

加载时间一般不宜太长，通常为 3～4s。滑块座的压紧力也要合适，过大会使加载电机的驱动力矩增加，太小则磁带运行时，在张力作用下，滑块座及其上导柱有可能晃动，使磁带运行的平稳性变差。机心中滑块座的压紧力，一般取为 10～12N。

目前 *VHS* 型录像机的加载方法主要有曲柄—连杆式和齿圈式两种，下面对这两种加载机构进行讨论。

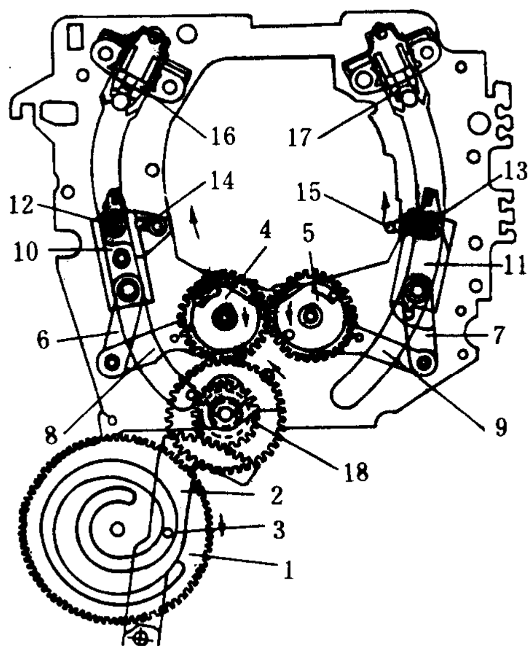
7.6.2 曲柄—连杆式加载机构

1. 结构及动作过程

录像机

这种加载方法，目前已在大多数录像机机心中应用，具体结构如图 7—35 所示。

加载电机通过传动装置(图中未画出)，使齿轮凸轮 1 转动，在齿轮凸轮的端面上，开有一条半径随转角变化的凸轮(螺旋形)槽，扇形齿轮 2 上的销钉 3 插在此槽中，当齿轮凸轮旋转时，随着凸轮槽半径的变化，扇形齿轮随之转动，再通过中间齿轮 18，使供、收带侧加载齿轮 4、5 反向旋转，最后驱动曲柄 8、9，连杆 6、7，使供、收带两侧的滑块座 10、11 移动。由于加载前滑块座上的垂直导柱 12、13，斜导柱 14、15 是处在带盒内，所以随着滑块座的向上运动，磁带被从带盒中拉出并完成加载。



1. 齿轮凸轮　2. 扇形齿轮　3. 销定　4. 供带侧加载齿轮　5. 收带侧加载齿轮　6. 供带侧连杆　7. 收带侧连杆　8. 供带侧曲柄　9. 收带侧曲柄　10. 供带侧滑块座　11. 收带侧滑块座　12. 供带侧垂直导柱　13. 收带侧垂直导柱　14. 供带侧斜导柱　15. 收带侧斜导柱　16. 供带侧 V 形座　17. 收带侧 V 形座　18. 中间齿轮

图 7—35　曲柄—连杆加载机构

滑块座加载到位后，加载电机继续转动一段时间，使加载齿轮和曲柄之间的连接弹簧拉长(图中弹簧未画出)，并对滑块座产生一定的压紧力。

在图 7—36 上表示出齿轮凸轮 1 的另一个端面。在这个端面上开有另一条凸轮曲线槽 2。滑板 3 上的销钉 4 插在此槽中，所以在加载电机 5 转动的同时，滑板将随凸轮曲线槽一起移动，并带动状态开关 6 的刷片组，使它处在相应的工作状态位置上。

当微机下达运行指令后，加载电机及机构运动，使状态开关(参见第六章 6.4.3 节)的刷片组运行到某一位置，将所处的状态信号反馈给微机。如果录像机运行不到位，那么送回的状态信息就不正确。如果在一定的时间内微机收不到反馈的正确信息，便认为录像机发生了故障，而转入停机状态。

在图 7—37 上表示了这类加载机构的另一种结构形式。当加载电机 1 转动时，带动蜗杆 2、蜗轮 3 及齿轮 4、5 旋转。在齿轮凸轮 5 的端面上开有一条凸轮曲线槽。杠杆 6 上的销钉 7 插在凸轮槽中，因此随着齿轮凸轮 5 的转动，杠杆摆动，并驱动齿条 8 上下移动，通过齿条使加载齿轮 9、10 反方向旋转，从而驱动曲柄 11、12 连杆 13、14，使滑块座 15、16 移动，完成对磁带的加载过程。

在齿轮凸轮 5 转动的同时，还带动另外的齿轮转动(图中未画出)。旋转式状态开关与这一齿轮装在同一根轴上，所以随着加载电机的转动，代表录像机工作状态的信息，通过旋转式状态开并送回给微机，以控制相应的机构动作。

2. 主要参数的确定

(1) 加载时间的估算

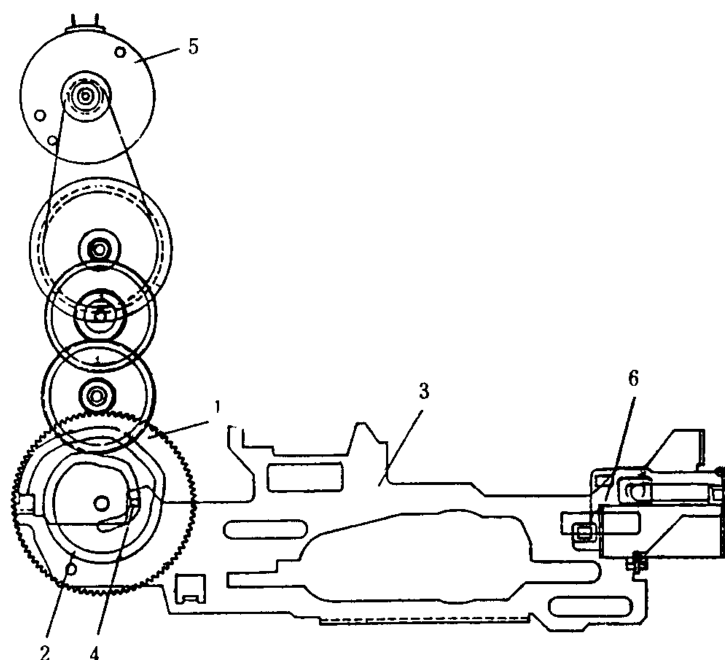
设：φ——整个加载过程中齿轮凸轮的转角；

n_e——加载电机每分钟转数；

t——加载所需的时间(s)；

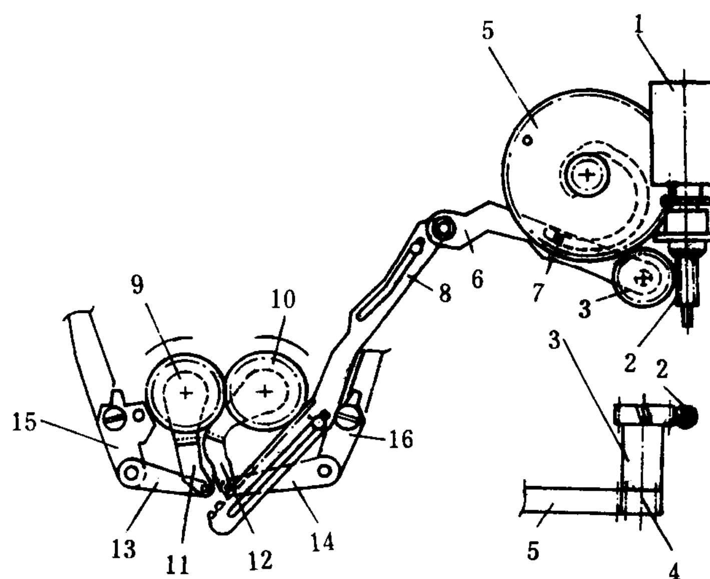
i——加载电机与齿轮凸轮之间的减速比；

n_c——齿轮凸轮每分钟转数。



1. 齿轮凸轮 2. 凸轮曲线槽 3. 滑板 4. 销钉 5. 加载电机
6. 状态开关

图 7—36 状态开关的位置图



1. 加载电机 2. 蜗杆 3. 蜗轮 4. 齿轮 5. 齿轮凸轮 6. 杠杆 7. 弹簧 8. 齿条 9. 供带侧加载齿轮 10. 收带侧加载齿轮 11. 供带侧曲柄 12. 收带侧曲柄 13. 供带侧连杆 14. 收带侧连杆 15. 供带侧滑块座 16. 收带侧滑块座

图 7—37 曲柄—连杆加载机构的另一结构

因为

$$n_c = \frac{n_e}{i}$$

所以

$$t = \frac{i\varphi}{n_e}(s) \qquad (7—41)$$

(2) 滑块座运动轨迹的分析

在加载过程中，滑块座是沿着底板上预先设计好的一条轨迹（滑道）运动的。该轨迹一方面要保证在起始位置时，滑块座上的垂直导柱和斜导柱处于带盒内；另一方面又要保证在加载过程中，滑块座与导柱不会与磁鼓及鼓底座发生干涉，且运动灵活。

滑块座运动的灵活性，与加载轨迹的形状有密切关系。它主要决定于加载过程中滑块座的运动方向与驱动力方向之间的夹角 θ（θ 通常称为压力角，参阅图 7—38）。θ 越小则驱动力在滑块座运动方向上的分力就越大，故运动灵活性也愈好。

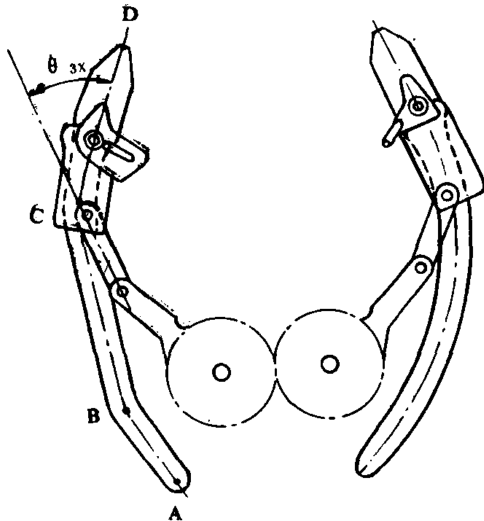


图 7—38　滑块座的轨迹分析图

分析时，滑块座运动的轨迹，可以近似看成是由三段直线组成的。即：AB、BC、CD（见图 7—38）。每段直线上的压力角分别为 θ_{1x}、θ_{2x}、θ_{3x}。由于滑块座在运动时，曲柄作用在它上面的驱动力的方向是不断变化的，所以在加载过程中，θ_{1x}、θ_{2x}、θ_{3x}都是变量。为了使滑块座运动灵活、摩擦阻力小，应使滑块座在各线段上的最大压力角 θ_{1max}、θ_{2max}、θ_{3max}均不能太大。其理由如下：

设滑块座在运动时轨迹上某点的受力图如图 7—39 所示。由图知：

$$T = P\cos\theta_x \qquad (7—42)$$

$$N = P\sin\theta_x \qquad (7—43)$$

$$F = \mu N = \mu P\sin\theta_x \qquad (7—44)$$

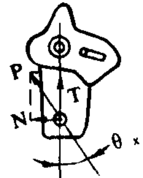


图 7—39 滑块座的受力图

式中：　P——连杆给滑块座的推力；

T 和 N——分别为力 P 在滑块座运动方向及其垂直方向上的两个分力；

θ_x——力 P 与滑块座运动方向的夹角；

F——滑块座运动时，由力 N 产生的摩擦力；

μ——滑块座与底板之间的摩擦系数。

为了保证滑块座运动灵活，应使滑块座在轨迹上任何位置时，比值 $K=\frac{T}{F}$尽可能大。

由图 7—39 知：

$$K=\frac{T}{F}=\frac{P\cos\theta_x}{\mu P\sin\theta_x}=\frac{1}{\mu}\text{ctg}\theta_x \qquad (7—45)$$

当 μ 一定时，$\frac{T}{F}$和 θ_x 的关系列在表 7—7 上。

表 7—7　　**比值$\frac{T}{F}$与 θ_x 的关系**

T/F \ θ_x	10°	15°	20°	25°	30°	35°	40°	45°	50°
μ=0.2	28.4	18.7	13.7	10.7	8.7	7.1	6	5	4.2
μ=0.3	18.9	12.4	9.2	7.1	5.8	4.7	4	3.3	2.8

由表 7—7 可知，只要滑块座在运行轨迹上的任何处的压力角 θ_x 都小于 45°。那么，在加载过程中，滑块座的运动将会比较灵活。

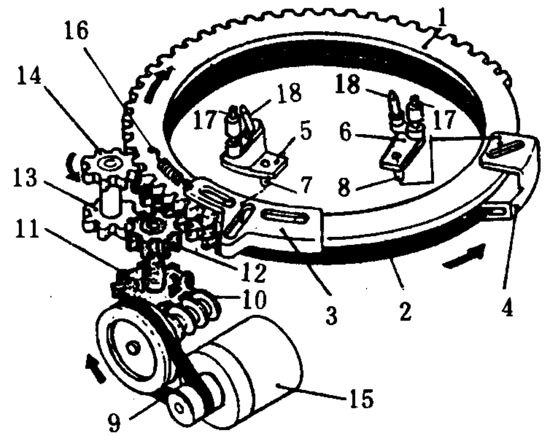
7.6.3 齿轮圈加载机构

齿轮圈加载机构如图 7—40 所示。在供、收带加载齿轮圈 1、2 上，分别装有滑环 3、4。在这两个滑环上都开有一个小长槽。供、收带侧的滑块座 5、6 通过其上销钉 7、8 插在此槽中。

加载时，加载电机 15 转动，通过皮带 9、蜗杆 10、蜗轮 11 以及齿轮 12、13、14 使两个加载齿轮圈 1、2 及滑环 3、4 反方向旋转，并驱动滑块座 5、6 及其上垂直导柱和斜导柱，从带盒中出来沿规定的轨迹运动，使磁带完成加载过程。

滑块座加载到位后，加载电机继续转动一段时间，使滑环与加载齿轮圈之间的连接弹簧 16 拉长，以便对滑块座产生一定的压紧力。

这种加载机构的加载时间的计算方法，以及对滑块座运动轨迹的要求等问题，都与曲柄—连杆加载机构基本相同。



1. 供带侧加载齿轮圈 2. 收带侧加载齿轮圈 3. 供带侧滑环 4. 收带侧滑环 5. 供带侧滑块座 6. 收带侧滑块座 7. 销钉 8. 销钉 9. 皮带 10. 蜗杆 11. 蜗轮 12. 齿轮 13. 齿轮 14. 齿轮 15. 加载电机 16. 连接弹簧 17. 垂直导柱 18. 斜导柱

图 7—40 齿轮圈加载机构

7.7 带轮制动器

7.7.1 概述

在 *VHS* 型录像机机心的供、收带轮（盘）两侧，通常都装有各自的制动器。制动器一般有两种：一种是副制动器，这种制动器在工作时，只对带轮产生轻微的阻尼，制动力矩往往比较小；另一种是主制动器，这种制动器在工作时，能对两个带轮产生较大的制动力矩，使两个带轮在较短的时间内停止转动。

由于这两种制动器的计算方法基本相同，因此下面将只对后者进行分析与讨论。

安装主制动器有两个目的：一是保证机心在停止状态时，供、收带轮及其上的磁带盘不会随意转动；二是保证机心由快进（或倒带）状态转入停止状态时，两个带轮及磁带盘能够迅速停止转动，并使磁带的卷绕松紧合适。为此，两个制动器在制动时，必须分别对供、收两带轮提供不同的、及时的制动力矩。

当机心由快进状态转入停止状态时，收带制动器给收带轮（主动件）的制动力矩，应该小于供带制动器给供带轮（从动件）的制动力矩。这样在制动瞬间，虽然两个带轮被同时制动，但由于收带轮上受到的制动力矩小，供带轮上受到的制动力矩大，所以前者从转动到停止的时间比后者长，从而使磁带有良好的紧密的卷绕状态。

当机心由倒带状态转入停止状态时，供带制动器给供带轮（主动件）的制动力矩小于收带制动器给收带轮（从动件）的制动力矩，故两带轮停止的过程，正好与快进状态转入停止状态时相反。

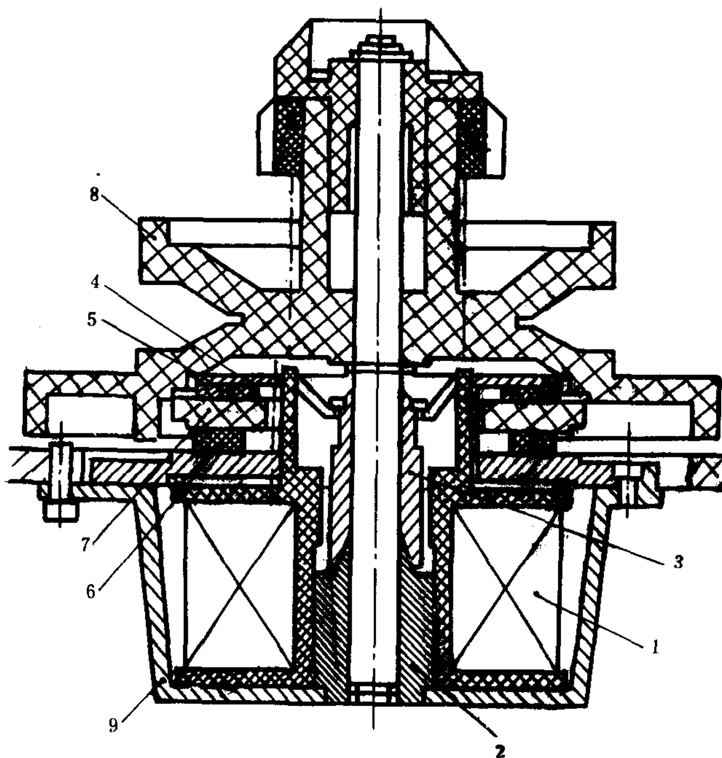
7.7.2 制动器的力学分析

在录像机机心中，主要采用两种类型的主制动器。

1. 电磁式制动器

这种制动器的结构如图 7—41 所示。

它的工作过程如下：当控制电路使制动线圈 1 通电时，铁芯 2 吸引衔铁 3，并带动端盖 4 向下移动，使毛毡圈 5 和 6 与制动片 7 压紧。在制动片的圆周上有若干个凸齿，这些凸齿与带轮 8 内孔中的凹齿相啮合，故它与带轮 8 是连动的。现在由于制动片被压紧在两个毛毡圈之间不能转动，故带轮及其上的磁带盘(图中未画出)被制动。



1. 制动线圈 2. 铁芯 3. 衔铁 4. 端盖 5. 毛毡圈 6. 毛毡圈 7. 制动片 8. 带轮

图 7—41 电磁式制动器

这种制动器的制动力矩大小，可以通过改变流过制动线圈中的电流大小来控制。

当机心由快进状态转入停止状态时，控制电路供给供带制动线圈以较大电流，而供给收带制动线圈较小的电流，故供带轮上受到较大的制动力矩(即强制动)，而收带轮上受到较小的制动力矩(即弱制动)。当机心由倒带状态转入停止状态时，情况正好与上述情况相反。

电磁制动器产生的制动力矩的大小，可参考滑动止推轴承摩擦力矩的计算公式来估算。由于制动器中有两个毛毡圈，因此估算时应按两倍计算。

以快进状态转入停止状态为例，此时供带轮上受到较大制动力矩 M_2(强制动)，收带轮受到较小制动力矩 M_1(弱制动)，其值分别为：

$$M_2 = 2\left[\frac{2}{3}\mu_2 N_2 \frac{(R^3 - r^3)}{(R^2 - r^2)}\right] = \frac{4}{3}\mu_2 N_2 \frac{(R^3 - r^3)}{(R^2 - r^2)} \tag{7—46}$$

$$M_1 = \frac{4}{3}\mu_1 N_1 \frac{(R^3 - r^3)}{(R^2 - r^2)} \tag{7—47}$$

式中：M_2、M_1—分别为供、收两带轮上受到的制动力矩；

N_2、N_1—分别为供、收制动器中，来自端盖 4 的正压力；

μ_2、μ_1—分别为供、收两带轮的毛毡圈与制动片之间的摩擦系数；

R—毛毡圈的外半径；

r—毛毡圈的内半径。

制动比为：

$$K=\frac{M_2}{M_1} \tag{7—48}$$

由上面公式(7—46)和(7—47)知：电磁制动器产生的制动力矩与正压力成正比，因此当制动器的结构、材料和尺寸确定后，制动力矩只与制动线圈中流过的电流大小有关，它们之间的关系，一般由实验来测定。

在图 7—42 上画出了某录像机机心的供、收带两侧电磁制动器制动力矩的实测曲线。

该机心在制动线圈的两端加有直流电压 $u=12V$，线圈内阻 $r_1=33\Omega$，当弱制动时，线圈的一端自动串入一个 $r_2=100\Omega$ 的外电阻。

因此，强制动时制动线圈中流过的电流为：

$$I_2=\frac{u}{r_1}=\frac{12}{33}=364\text{mA}$$

弱制动时制动线圈中流过的电流为：

$$I_1=\frac{u}{r_1+r_2}=\frac{12}{33+100}=90\text{mA}$$

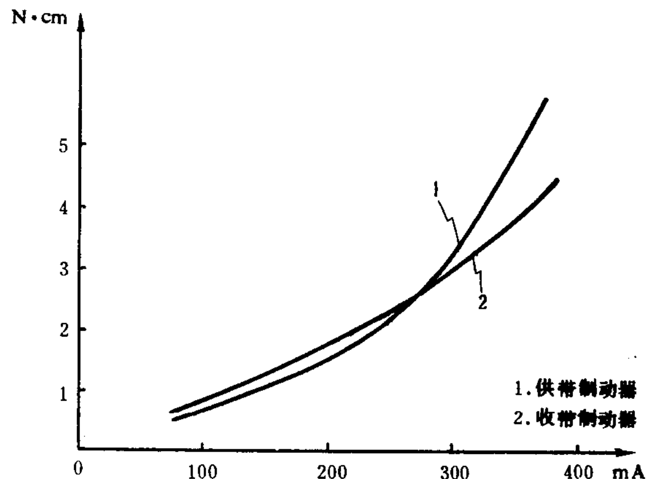


图 7—42 电磁制动器电流与制动力矩的关系

根据图 7—42 上制动电流与制动力矩的关系，可知由快进状态转入停止状态，供带轮上受到的制动力矩 $M_2=5.5\text{N}\cdot\text{cm}$；收带轮上受到的制动力矩 $M_1=0.65\text{N}\cdot\text{cm}$，故此时的制动比 $K=\frac{M_2}{M_1}\approx 8.5$。

由倒带状态转入停止状态，收带轮上受到的制动力矩 $M_2'=4.2\text{N}\cdot\text{cm}$，供带轮上受到的制动力矩 $M_1'=0.85\text{N}\cdot\text{cm}$，故制动比 $K'=\frac{M_2'}{M_1'}\approx 4.9$。

2. 机械式制动器

机械式制动器的结构如图 7—43 所示。

工作时，在弹簧 2 的拉力作用下，带动两个主制动器 3 压紧在供带轮 4 和收带轮 5 上。

当带轮转动时，制动器与两带轮之间产生摩擦力，并形成制动力矩。由于制动器在供、收带轮两侧的安装位置不同，因此它们对两个带轮产生的摩擦力的方向也不同。利用这一特性，可以使两个带轮在制动时，受到不同大小的制动力矩。

下面以机心由快进状态转入停止状态为例，分析制动器的受力情况。此时收带轮 5 为主动轮，供带轮 4 为从动轮。供、收两带轮的旋转方向及制动器的受力情况如图 7—44 所示。

由图知：供、收带轮两侧制动器的平衡条件如下：

① 供带侧制动器：

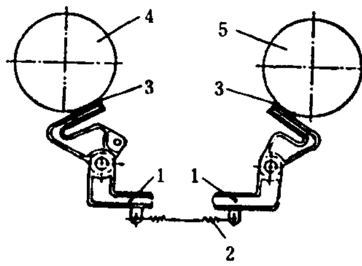
$$\Sigma m_{0_2}(F)=0$$

$$P\cdot C+T_2\cdot a-N_2\cdot b=0$$

$$P\cdot C=N_2\cdot b-T_2\cdot a \tag{7—49}$$

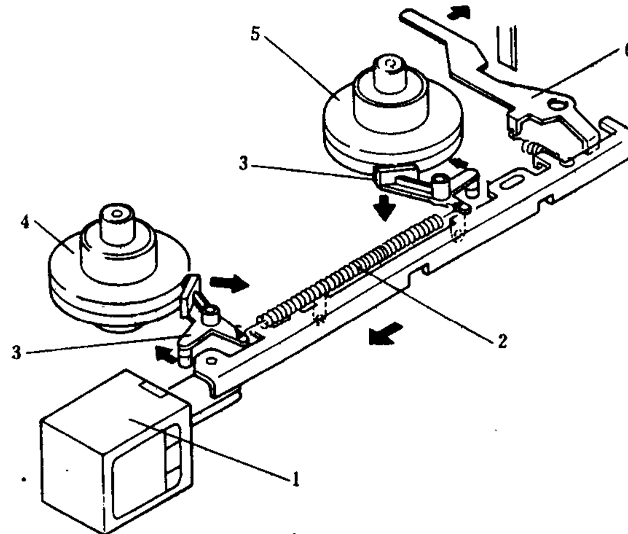
② 收带侧制动器：

$$\Sigma m_{0_1}(F)=0$$



1.连杆 2.弹簧 3.主制动器 4.供带轮 5.收带轮

(a) 类型 1



1.螺线管 2.弹簧 3.主制动器 4.供带轮 5.收带轮 6.盒带仓锁定杆

(b) 类型 2

图 7—43 机械制动器

$$-P\cdot C+N_1\cdot b+T_1\cdot a=0$$

$$P\cdot C=N_1\cdot b+T_1\cdot a \tag{7—50}$$

由公式(7—49)及(7—50)得：

$$N_1\cdot b+T_1\cdot a=N_2\cdot b-T_2\cdot a$$

又 $T_1=\mu_1 N_1$； $T_2=\mu_2 N_2$

故 $\frac{T_1}{\mu_1}\cdot b+T_1\cdot a=\frac{T_2}{\mu_2}\cdot b-T_2\cdot a=P\cdot C$

所以

$$\frac{T_2}{T_1}=\frac{(b+\mu_1\cdot a)\mu_2}{(b-\mu_2\cdot a)\mu_1} \tag{7—51}$$

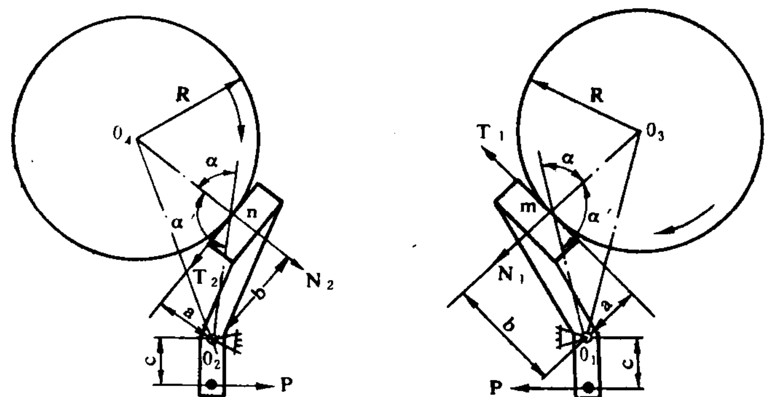


图 7—44 制动器的受力图

供带轮受到的制动力矩为：

$$M_2=T_2'\cdot R=T_2\cdot R=\frac{P\cdot C\cdot R}{\frac{b}{\mu_2}-a}=\frac{P\cdot R\cdot C}{\left(\frac{\sin\alpha}{\mu_2}-\cos\alpha\right)\cdot O_2 n} \tag{7—52}$$

收带轮受到的制动力矩为：

$$M_1=T_1'\cdot R=T_1\cdot R=\frac{P\cdot C\cdot R}{\dfrac{b}{\mu_1}+a}=\frac{P\cdot R\cdot C}{\left(\dfrac{\sin\alpha}{\mu_1}+\cos\alpha\right)\cdot O_1m} \tag{7—53}$$

制动比为($O_2n=O_1m$)：

$$K=\frac{M_2}{M_1}=\frac{(b+\mu_1a)\mu_2}{(b-\mu_2a)\mu_1}=\frac{(\sin\alpha+\mu_1\cos\alpha)\mu_2}{(\sin\alpha-\mu_2\cos\alpha)\mu_1} \tag{7—54}$$

式中：N_2、N_1——分别为供、收带轮作用在制动器上的正压力；

T_2、T_1——分别为供、收带轮作用在制动器上的摩擦力；

P——作用在两个制动器上的弹簧力；

μ_2、μ_1——分别为供、收带轮与制动器之间的摩擦系数；

a、b、c——制动器的结构尺寸；

R——带轮半径；

α——制动器的切入角。

当 $\mu_1=\mu_2=\mu$ 时，摩擦系数、切入角与制动比之间关系，可由图 7—45 算出。

例如：某录像机机心，采用机械制动器(见图 7—44)，设 $\mu_1=\mu_2=0.4$，$R=1.65\text{cm}$，$P=2N$，$a=2\text{mm}$，$b=20.9\text{mm}$，$c=21\text{mm}$ 按制动器的有关结构尺寸，可以算出 $\alpha=29.2°$。

根据这些数据，可知：

大制动力矩为：

$$M_2=\frac{P\cdot R\cdot C}{\left(\dfrac{\sin\alpha}{\mu_2}-\cos\alpha\right)\cdot O_2n}=9.52\text{N}\cdot\text{cm}$$

小制动力矩为：

$$M_1=\frac{P\cdot R\cdot C}{\left(\dfrac{\sin\alpha}{\mu_1}+\cos\alpha\right)O_1m}=1.58\text{N}\cdot\text{cm}$$

制动比为：

$$K=\frac{\sin\alpha+\mu_1\cos\alpha}{\sin\alpha-\mu_2\cos\alpha}\approx 6$$

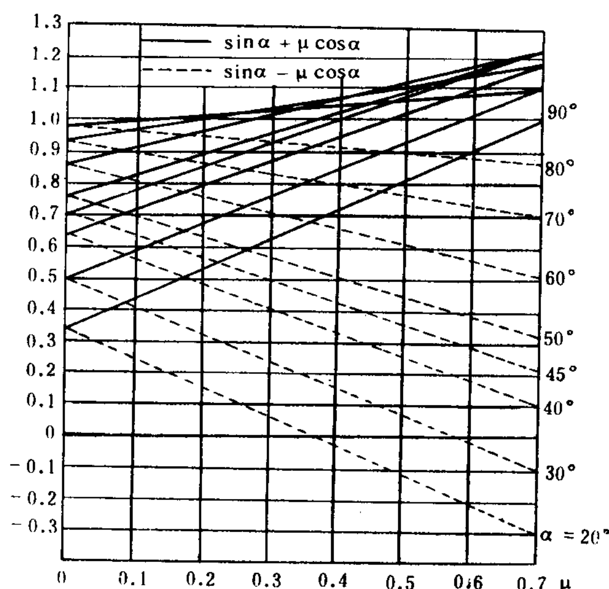


图 7—45 制动比与其它参数的关系

7.7.3 讨论

设计录像机机心的制动器，必须考虑两方面的问题。

① 制动器对从动轮产生的制动力矩(大制动力矩)，一般应大于 3N·cm，这样就能保证由快进(或倒带)状态转入停止状态时，从动轮能较快的被制动住，而不会出现抛带的现象。

② 制动器的大制动力矩与小制动力矩之比，一般设计在 2～8 之间。制动比过大，磁带在制动时会卷绕得过紧，制动比太小，磁带又会卷绕得太松。

机械制动器中，大制动力矩的值，除了决定于带轮与制动器之间的摩擦系数外，还与制动器的切入角 α 有很大关系。以快进状态转入停止状态为例，由公式(7—52)知，当 $\dfrac{\sin\alpha}{\mu_2}=\cos\alpha$ 时，

大制动力矩理论上为无穷大，此时的切入角 α_0 为：

$$\alpha_0 = tg^{-1}(\mu_2) \tag{7—55}$$

α_0 与 μ_2 的关系如表 7—8 所示。

表 7—8　　α_0 与 μ_2 的关系

μ_2	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6
α_0	5.7°	11.3°	16.7°	21.8°	26.6°	31°

在设计制动器时，切入角 α 一般都大于 α_0。有时，为了在相同的弹簧力 P 和摩擦系数 μ_2 的条件下，获得较大的制动力矩，可使 α 接近 α_0。

电磁制动器中，制动力矩的大小，主要决定于制动线圈内流过电流产生的正压力以及两个毛毡圈与制动片之间的摩擦系数，由于正压力增加是有限的(它受制动线圈的圈数及流过线圈中的电流大小限制)，因此要想得到大的制动力矩，必须提高毛毡圈与制动片之间的摩擦系数以及有关零件的导磁率。所以选用合适的毛毡圈、衔铁、端盖、外壳等材料，对电磁制动器的设计，是非常重要的。

7.8 盒　带　仓

7.8.1 概述

盒带仓又称前加载装置，它的作用是将盒带平稳、快速、灵活、正确地装在机心的供、收两带轮上，以便接受录像机的各种操作指令。当工作结束后，盒带仓又能将盒带顺利地从录像机中退出。

盒带仓主要有两种形式：一种是顶弹式，它的结构如图 7—46 所示。工作时，盒带仓需要弹起到录像机的顶部，才能将盒带放入，当盒带装好后，再用手将盒带仓按下，并使盒带落在机心的两个带轮上。此后由机内的锁定机构，将盒带仓在预定的位置锁住。

由于这种盒带仓在工作时需要向上弹起，故占用的操作空间大，目前已很少采用。

在新近设计的录像机中，大都采用前插式盒带仓。有关它的结构及工作过程，将在下面介绍。

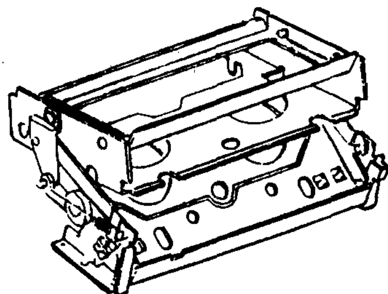


图 7—46　顶弹式盒带仓

7.8.2 前插式盒带仓的结构及计算

1. 工作原理及过程

图 7—47 表示的是前插式盒带仓的结构。由于盒带是从录像机前面插入，故盒带仓的运动都是在录像机内进行的，因而占用的操作空间较小。

这种盒带仓的工作过程如下(参阅图 7—48)。

① 当盒带 1 插入盒带仓后，盒带由左、右两个簧片支住，同时盒带外壳的底部使左、右两个盒带探测开关 2 闭合，见图 7—48(a)。

② 盒带仓电机 1 按箭头所示方向旋转(参阅图 7—47)，电机的驱动力矩，通过联轴器 2、

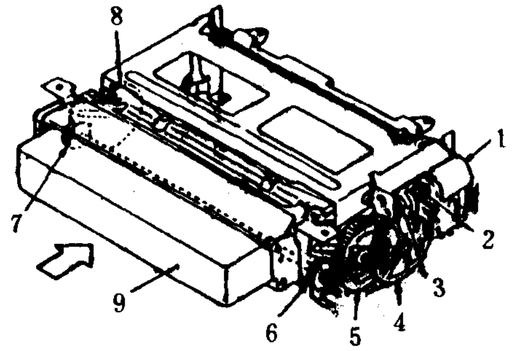
蜗杆 3、蜗轮 4、右齿轮臂 5、左及右驱动齿轮 6、7、左齿轮臂 8 等，驱动盒带仓及盒带 9 水平运动

③ 随着盒带仓及盒带向下运动，盒带保护盖 3 被打开，见图 7—48(b)。

④ 当盒带被放置到盒带定位导柱 4 上后，如图 7—48(c)，盒带降下开关 8 接通，盒带仓电机继续转动约 160ms，使左、右两锁紧弹簧 6 将盒带压住。

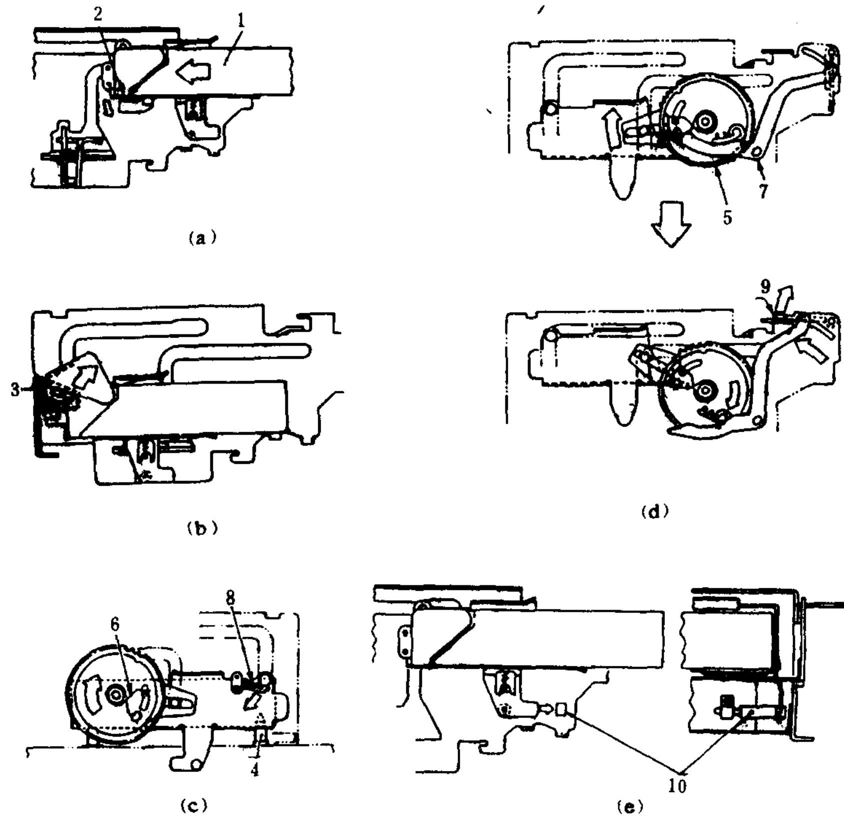
⑤ 当需要取出盒带时，按下起弹键。首先带盘电机反转约 1s，使松弛的磁带绕紧。之后盒带仓电机反转，当盒带仓运动到顶上时，仓门的控制杠杆 7 沿齿轮臂 5 的凸轮表面运动，并将仓门 9 打开，见图 7—48(d)。

⑥ 盒带仓水平推出，当推到停止位置时，盒带仓底部离开退出开关，此开关 10 闭合，盒带仓电机停止转动，见图 7—48(e)。



1. 盒带仓电机 2. 联轴器 3. 蜗杆 4. 蜗轮 5. 右齿轮臂 6. 驱动齿轮 7. 驱动齿轮 8. 左齿轮臂 9. 盒带

图 7—47 前插式盒带仓



1. 盒带 2. 盒带探测开关 3. 盒带保护盖 4. 定位导柱 5. 齿轮臂 6. 锁紧弹簧 7. 控制杠杆 8. 盒带降下开关 9. 仓门 10. 退出开关

图 7—48 盒带仓的工作过程

2. 主要参数的计算

盒带仓是录像机机心中一个很重要的部件，通常对它提出了以下几个方面的要求。

① 盒带装入和退出时，机构的运动应该平稳灵活。

② 工作中机械噪声小、传动可靠。

③ 盒带的拔插力要合适。

④ 盒带装入和退出的时间要短。

下面以图 7—47 所示的前插式盒带仓为例，对它的主要技术指标的计算问题，进行分析与讨论。

(1) 盒带运动时间的确定

① 盒带进入时间的估算：

盒带进入的时间 t_i，主要由两部分时间组成，即：

$$t_i = t_i' + t_p$$

式中：t_i'——盒带推入到盒带下降到定位导柱上所需的时间；

t_p——盒带降下开关接通后，盒带仓电机继续转动的时间，对上述盒带仓 $t_p = 0.16s$。

时间 t_i' 可按下式计算：

$$t_i' = \frac{\varphi}{\left(\frac{n}{i_1 i_2 \times 60}\right) \times 360} = \frac{i_1 i_2 \varphi}{6n}(s) \qquad (7—56)$$

式中：φ——从盒带仓电机通电，到盒带到达定位导柱上时，齿轮臂所转动的角度；

i_1、i_2——分别为盒带仓中蜗杆与蜗轮以及齿轮组件之间的减速比；

n——带盒仓电机每分钟的转速。

因此

$$t_i = t_i' + t_p = \left(\frac{i_1 i_2 \varphi}{6n} + 0.16\right)(s)$$

② 盒带退出时间的估算：

盒带退出的时间 t_0，也是由两部分时间组成，即：

$$t_0 = t_r + t_0' \qquad (7—57)$$

式中：t_r——带盘电机反转进行收带所需的时间，对上述带盒仓 $t_r = 1s$；

t_0'——盒带由定位导柱上退回到出口处所需的时间，显然 $t_0' = t_i$。

因此

$$t_0 = t_r + t_0 = \left(1.16 + \frac{i_1 i_2 \varphi}{6n}\right)(s) \qquad (7—58)$$

(2) 盒带推插力的确定

① 盒带推出力的估算：

盒带推出力 P_0，由两部分组成，即：

$$P_0 = P_g + P_s \qquad (7—59)$$

式中：P_g——推出盒带时，由盒带自重产生的摩擦力；

P_s——推出盒带时，盒带仓中两个压紧簧片产生的摩擦力。

若盒带重量为 G，每个簧片给盒带的正压力为 N，盒带与盒带仓之间的摩擦系数为 μ，那么

$$P_0 = P_g + P_s = \mu(G + 2N) \qquad (7—60)$$

② 盒带插入力的估算：

盒带的插入力 P_i，也由两部分组成，即：

$$P_i = P_t + P_i' \qquad (7—61)$$

式中：P_t——接通盒带仓电机所需的力；

P_i'——推动盒带运动所需的力，显然 $P_i'=P_0$。

各种不同型号录像机的盒带仓，它们的上述几项技术指标不一定完全相同。在表 7—9 上，列出了 *VT-426E* 录像机盒带仓的几项技术指标，供参考。

表 7—9　　VT—426E 录像机盒带仓的技术指标

序号＼内容	项　目	指　标
1	盒带运动时间	盒带进入时间：<1.2s 盒带退出时间：<3s
2	盒带拔出力	<4.9N
3	盒带插入力	<9.8N

7.9　音频抖晃率与机心的关系

7.9.1　机心中主要零、部件对抖晃率的影响

音频抖晃率是录像机的重要技术指标之一。它是由于磁带在运行时带速发生瞬时波动而产生的，通常用录制在磁带上的标准正弦信号（3000Hz 或 3150Hz），在放音过程中的频率变化率表示。

测量音频抖晃率有以下几种标准：

DIN（德国）标准，测量抖晃率的峰值，测量频率为 3150Hz；

NAB（美国广播协会）标准，测量抖晃率的平均值，测量频率为 3000Hz；

CCIR（国际无线电咨询委员会）标准，测量抖晃率的峰值，测量频率为 3000Hz；

JIS（日本工业协会）标准，测量抖晃率的有效值，测量频率为 3000Hz。

抖晃率的大小，通常用峰值或有效值表示。

录像机的音频抖晃率的频谱，主要分布在零点几 Hz 到几百 Hz 范围内，通常将 0.5～6Hz 范围内的抖晃称为晃“*WOW*”，而把 6～200Hz 范围内的抖晃称为抖“*Flutter*”。

此外，抖晃率还有计权（*WTD*）与不计权（*UNWTD*）之分，所谓计权抖晃率，是考虑到人的主观听觉对不同抖晃频率具有非线性特性而作的听觉补偿后，所得到的抖晃值。抖晃率的计权频响特性曲线如图 7—49 所示。由图可知：它峰值在 4Hz 处，是以 4Hz 为 0dB 向两边衰减，愈往外衰减愈多。

目前家用录像机所规定的抖晃率指标，大都用 *JIS WTD* 表示（它是计权有效值），其允许大小一般规定在 0.2～0.3%左右。

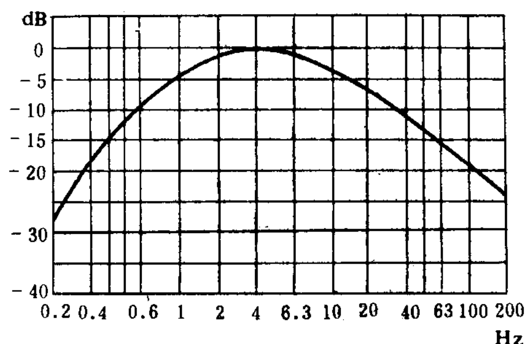


图 7—49　计权频响特性曲线

录像机抖晃率产生的原因，可以从它的工作过程来分析。由于重放时，主导电机是通过主导轴和压带轮来驱动磁带，而磁带在走带系统中运行时，沿途要与各种导柱、张力杆、全消磁头、阻尼轮、磁鼓组件，音/控磁头等接触并产生摩擦。因此，这些参与驱动磁带或与磁带接触的

零、部件的形位公差、振动、表面质量、装配精度等，都有可能影响音频抖晃。

为了提高录像机的音频质量，可以从机械系统和电路两方面着手。从机械方面考虑，可以有以下一些方法：

① 提高有关传动零件的加工和安装精度，减少由于传动零件引起的带速变化。

② 减少由于视频磁头接触磁带时造成的振动。

③ 减少磁带走带时产生的纵向振动。

④ 增加机心底板的刚度，提高走带时的稳定性。

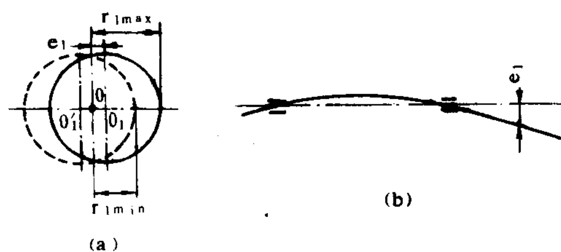
⑤ 降低机构的噪音。

⑥ 降低外部声压在录像机上形成的振动。

下面我们仅就机心中几个主要零、部件的制造和装配误差对音频抖晃率影响的问题，进行讨论与分析。

1. 主导轴

磁带在运行过程中，磁带直接与主导轴组件接触，并由它和压带轮共同来驱动。因此，当主导轴存在直度和圆度偏差时，磁带的瞬时速度会发生变化



(a)横截面图　(b)纵向弯曲图

图 7—50　主导轴直度对抖晃率影响

(1) 主导轴直度的影响

当主导轴不直时，它的几何轴线与旋转轴线就不重合。

如果主导轴的直度用它与磁带中心线接触处的偏心表示，并假定偏心为 e_1（见图 7—50），那么由 e_1 产生的峰值抖晃率 WF_{p1} 可按下式估算。

$$WF_{P1}=\frac{1}{2}\left(\frac{V_{1\max}-V_{1\min}}{V_0}\right)=\frac{\omega(r_{1\max}-r_{1\min})}{2\omega r}$$

$$=\frac{e_1}{r}\times 100\% \qquad (7—62)$$

式中：V_{1max}、V_{1min}——分别为主导轴直度产生的磁带最大和最小线速度；

V_0——磁带的标准线速度；

r——主导轴的半径；

ω——主导轴的角速度；

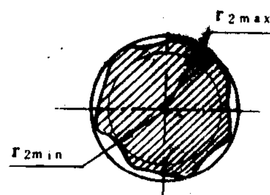


图 7--51　主导轴圆度对抖晃率影响

(2) 主导轴圆度的影响

当主导轴不圆时（见图 7—51），则工作过程中主导轴的半径是变化的。因此，磁带的瞬时速度也会随之改变。由于主导轴的圆度是表示它在横截面上的最大和最小半径之差，故由圆度产生的峰值抖晃率 WF_{P2}，可按下式估算：

$$WF_{P2}=\frac{1}{2}\left(\frac{V_{2\max}-V_{2\min}}{V_0}\right)=\frac{\omega(r_{2\max}-r_{2\min})}{2\omega r}$$

$$=\frac{e_2}{2r}\times 100\% \qquad (7—63)$$

式中：　V_{2max}、V_{2min}——分别为主导轴圆度产生的磁带最大和最小的线速度；

e_2——主导轴的圆度（$r_{2max}-r_{2min}$）

由于主导轴的圆度一般都比较小(<0.4μm),故圆度对音频抖晃率的影响实际上是比较小的。

2. 飞轮

在录像机中,主导轴不论是采用间接驱动还是直接触动,在主导轴上都装有一个飞轮。由于飞轮具有比较大的转动惯量,所以它能减小由于驱动电机转速不均匀或外来干扰所引起的主导轴转速的波动,从而减小了机心的抖晃率。

飞轮与主导轴之间的同轴度不好,也会引起音频抖晃并使主导轴承的磨损加快,因此录像机的飞轮部件,在总装前都需要做静平衡和动平衡调整。

3. 压带轮组件

由于磁带的运动,是主导轴和压带轮共同驱动的。为了防止在收带力的作用下,磁带在主导轴与压带轮之间产生滑动,压带轮与主导轴之间必须有一定的正压力。但是,正压力的大小必须合适,既不能太大也不能太小,否则都会使机心抖晃率加大,其关系如图 7—52 所示。此外,过大的正压力也会使主导电机的耗电量增加。

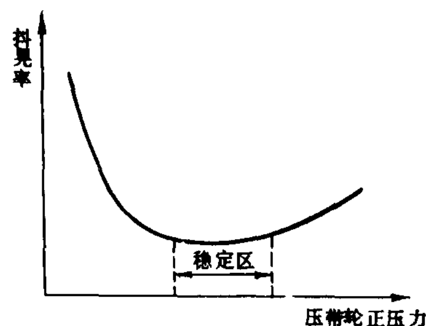


图 7—52 压带轮正压力与抖晃率的关系

压带轮的径向跳动要小(一般要求控制在 10μm 范围内),橡胶材料的表面硬度要均匀。因为在工作中,主导轴在压带轮正压力作用下,端部会产生弹性变形,当压带轮的橡胶硬度不均匀时,压带轮每转一转,压力就会变化一个周期,从而使主导轴产生的弹性变形忽大忽小,即主导轴产生"弹性跳动"。这将使磁带瞬时速度发生变化,使机心的音频抖晃率加大。

另外,在加工压带轮时,要防止在母线上出现"S"形。否则,即使压带轮径向跳动很小,也会影响压带轮对主导轴压力分布的均匀程度,最终也会影响音频抖晃率。

压带轮的轴线,在安装和调整时,应与主导轴平行。此两平行轴线构成一个平面,如果压带轮的轴线在这个平面内偏斜时,则磁带运行时会上、下窜动。如果压带轮轴线偏离出这个平面,则会引起磁带皱折。显然这些情况对磁带的正常运行都是不利的。

压带轮中的滚珠轴承,也必须有足够高的精度,通常都在 *D* 级中挑选。

由于家用录像机中,压带轮的基本旋转频率较低(约为 0.4~0.45Hz),而这一频率范围一般是处在抖晃仪通频带的下边缘,故它的基频分量对音频抖晃率的影响实际上比较小,只有高频分量才起作用。

4. 磁鼓组件

在目前的家用录像机中,磁鼓都是采用直接驱动方式。磁鼓转动部分平衡不当,以及上磁鼓安装偏心、两个视频磁头突出量不一致等,都会产生 25Hz、50Hz 的基波和其它高次谐波的干扰。这些干扰因素,通过视频磁头直接刮擦磁带,使磁带带速变化或产生纵向振动,从而使机心产生的音频抖晃率加大。上磁鼓的径向跳动一般应控制在 4~5μm 范围内。

5. 主传动皮带

当主导轴采用间接驱动时,主导电机的运动是通过主传动皮带传给主导轴的。为了减小主传动皮带对机心抖晃率的影响,皮带传递的扭矩(即皮带上的张力)必须平稳。为此,皮带各处的弹性应均匀,几何尺寸误差要小,皮带上的初拉力要合适,且皮带的蠕变要小。此外,皮带的硬度要合适,以便吸收电机产生的振动,同时皮带还要有很好的耐磨性,以保证皮带有足够的

寿命。

应该指出的是，皮带的刚度 EF（即皮带弹性模量与横截面面积的乘积）愈大，对减小由它本身不均匀性产生的抖晃是有利的。但是随着 EF 的增加，它吸收由主导电机产生的振动能力将下降。

6. 主导电机

无论是直接驱动还是间接驱动的主导电机，当其转子及轴上安装的旋转零件偏心或电机中滚珠轴承质量不高时，都会产生振动，并引起音频抖晃率。

7.9.2 频谱分析法在机心抖晃率研究中的应用

由于产生录像机音频抖晃率的原因很多，因此要快速、准确地找出机心中对音频抖晃率起主要影响的零、部件，光凭经验往往是很困难的。目前采用比较多的方法是，对音频抖晃率信号进行频谱分析。

1. 频谱分析的基本原理

机心的抖晃率从时域上看，是一个随时间变化的信号，而造成抖晃率随时间变化的原因，一般都比较复杂。为便于分析，我们将这一时域信号，用频谱仪（或信号处理机）将它转换到频域中进行研究——即采用频谱分析法来研究录像机机心的音频抖晃率。

频谱分析法的基本原理是：将机心的抖晃率信号，用傅里叶级数表示成一系列的不同频率、幅度和初相角的正弦波信号叠加而成。因此，抖晃率信号在频谱图上的每一根谱线的频率，就反映了机心中某个转动件的转速情况，而谱线的幅值就表示了某件转动件对抖晃率影响的大小。

设抖晃率信号为 $f(t)$，周期为 T，用傅里叶级数可将它表示为下面的数学式：

$$f(t)=A_0+\sum_{k=1}^{\infty}A_k\sin(2\pi f_0t+\varphi_k) \qquad (7—64)$$

式中：A_0——抖晃率信号的直流分量；

f_0——基波频率，$f_0=\dfrac{1}{T}$；

k——谐波次数（谱线号）；

A_k——抖晃率信号中 k 次谐波的幅值；

φ_k——k 次谐波的初相角。

频谱分析的物理意义可用图 7—53 来说明。设抖晃率信号的时域波形 $f(t)$ 如图 7—53(a) 所示，经过分析，该波形可分解成由三个不同频率和初相角的正弦波组成如图 7—53(b)。因此，抖晃率信号在频域图上的情况如图 7—53(c) 所示。

在录像机机心中，每个转动零件都是在各自的转速（频率）下周期性的工作，故它们的形状和位置误差对抖晃率的影响程度，必然会包含在各自转动的频率分量所引起的抖晃率的幅值中。而这些幅值的大小，也一定会在机心抖晃率的频谱图上得到反映。因此，如果我们能预先计算出被分析机心在重放时传动系统中每个转动零件的理论转动频率，那么经过与抖晃率信号用频谱分析法所得到的频谱图对比后，就能根据频谱图上各频率分量幅值的大小，很快找到对机心抖晃率起主要影响的零、部件。

2. 频谱分析法在机心抖晃率研究中的应用

下面我们以 HR—2650 型录像机为例，用频谱分析法来研究它的音频抖晃率产生的原因。

图 7—54 是 HR—2650 录像机在重放状态下的传动图。由图知，工作时一方面上磁鼓 1 在

磁鼓电机驱动下旋转，通过视频磁头 12 与磁带 24 接触，从磁带上拾取信号。另一方面主导电机 2 经小皮带轮 3、主皮带 4、飞轮 5 带动主导轴 6 转动。当压带轮 7 压在主导轴上时，即可驱动磁带 24 运动。与此同时，主导轴通过收带皮带 8、收带离合器 9、收带惰轮 10，带动收带轮 11 及其上的磁带盘转动，进行收带。

根据磁带在重放时的移动速度，以及各传动件直径、皮带长度和有关电机的转速，就可以算出它们的理论转动频率。具体计算结果如下：

(1) 磁鼓部件的转动频率

因磁鼓电机的转速为 1500r/min（转/分），故磁鼓部件的转动频率为：

$$f_1=\frac{1500}{60}=25\text{Hz}$$

视频磁头的旋转频率为：

$$f_1'=2\times f_1=50\text{Hz}$$

(2) 主导轴的转动频率

$$f_2=\frac{V_0}{\pi d}=\frac{23.39}{\pi\times 3.5}=2.13\text{Hz}$$

式中：V_0——磁带运行的速度；

d——主导轴直径。

(3) 主皮带的转动频率

$$f_3=\frac{\pi D}{L_1}\times f_2=\frac{\pi\times 80}{290}\times 2.13=1.85\text{Hz}$$

式中：D——飞轮直径；

L_1——主皮带周长。

(4) 主导电机的转动频率

$$f_4=\frac{D}{d_1}\times f_2=\frac{80}{6.1}\times 2.13=28\text{Hz}$$

式中：d_1——电机小皮带轮直径。

(5) 压带轮的转动频率

$$f_5=\frac{d}{D_1}\times f_2=\frac{3.5}{17}\times 2.13=0.44\text{Hz}$$

式中：D_1——压带轮直径。

(6) 收带皮带的转动频率

$$f_6=\frac{\pi d_2}{L_2}\times f_2=\frac{\pi\times 14.5}{152.9}\times 2.13=0.63\text{Hz}$$

式中：d_2——皮带轮直径；

L_2——收带皮带周长。

(7) 阻尼轮的转动频率

$$f_7=\frac{V_0}{\pi D_2}=\frac{23.39}{\pi\times 20}=0.37\text{Hz}$$

式中：D_2——阻尼轮直径。

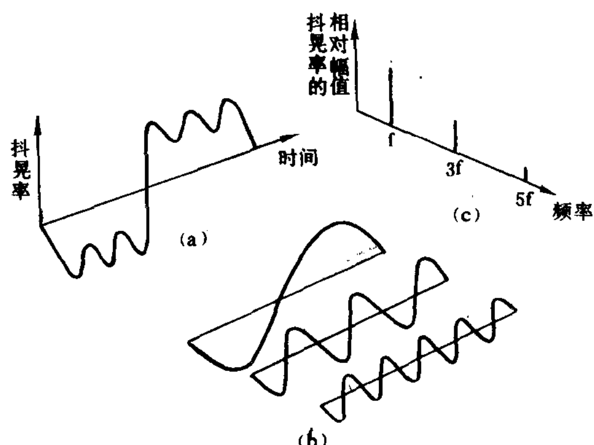
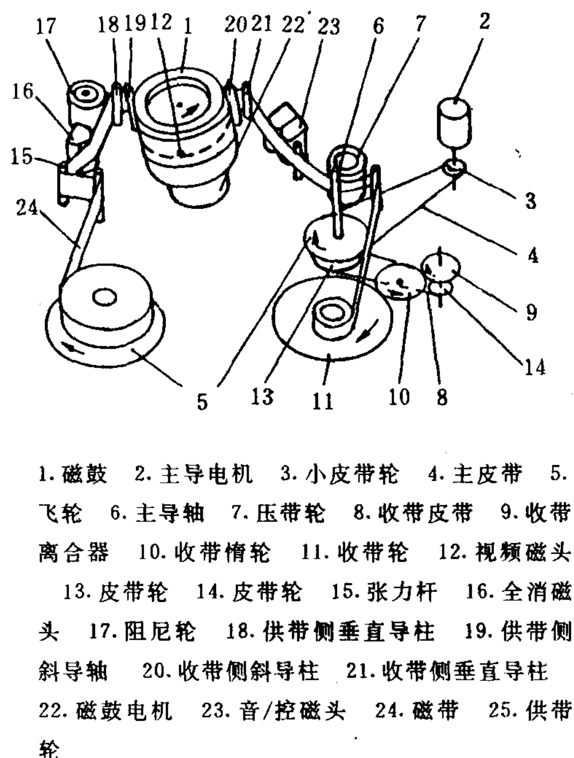


图 7—53 频谱分析原理图



1. 磁鼓 2. 主导电机 3. 小皮带轮 4. 主皮带 5. 飞轮 6. 主导轴 7. 压带轮 8. 收带皮带 9. 收带离合器 10. 收带惰轮 11. 收带轮 12. 视频磁头 13. 皮带轮 14. 皮带轮 15. 张力杆 16. 全消磁头 17. 阻尼轮 18. 供带侧垂直导柱 19. 供带侧斜导轴 20. 收带侧斜导柱 21. 收带侧垂直导柱 22. 磁鼓电机 23. 音/控磁头 24. 磁带 25. 供带轮

图 7—54 *HR*—2650 录像机传动图

为了便于分析，在表 7—10 上列出了各主要转动件的理论转动频率。

表 7—10　　主要转动件的理论转动频率(HR—2650)

转动件	磁鼓部件		主导轴	主皮带	主导电机	压带轮	收带皮带	阻尼轮
	上磁鼓	视频磁头						
理论转动频率 Hz	25	50	2.13	1.85	28	0.44	0.63	0.37

频谱分析过程的测试方框图如图 7—55 所示。

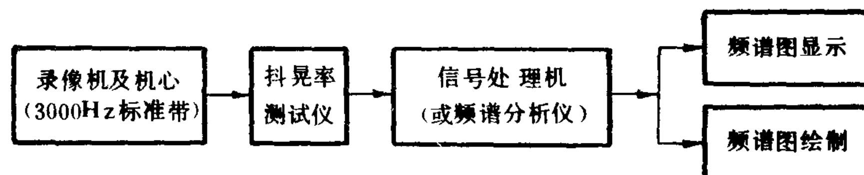


图 7—55　抖晃率频谱分析测试方框图

频谱分析时各主要参数选择如下：

① 抖晃率信号的最高分析频率的确定：为了在分析时，对产生音频抖晃率的原因既有一个比较全面的了解，又能作出准确的诊断，我们取信号的最高分析频率分别为 $f_{1max}=200Hz$；$f_{2max}=50Hz$。这样，就可保证既能找出高频干扰的原因，又可对低频干扰有足够的分辨率。

② 采样频率的选择：为了使取样过程中不丢失信息，根据采样定理，采样率应该大于(或等于)两倍信号的最高分析频率。

因此在 $f_{1max}=200Hz$ 时，取采样频率 $F_1=512Hz$，在 $f_{2max}=50Hz$ 时，取采样频率 $F_2=128Hz$。

③ 采样时间间隔的决定：因采样时间间隔等于采样频率的倒数，所以它们分别为：

$$\Delta t_1=\frac{1}{F_1}=1.95312ms$$

$$\Delta t_2=\frac{1}{F_2}=7.8125ms$$

④ 采样周期的计算：设采样点数为 N＝1024，故采样周期分别为：

$$T_1=N\Delta t_1=2s$$

$$T_2=N\Delta t_2=8s$$

⑤ 频率分辨率的计算：因为频率分辨率等于采样周期的倒数，故它们分别为：

$$\Delta f_1=\frac{1}{T_1}=0.5Hz$$

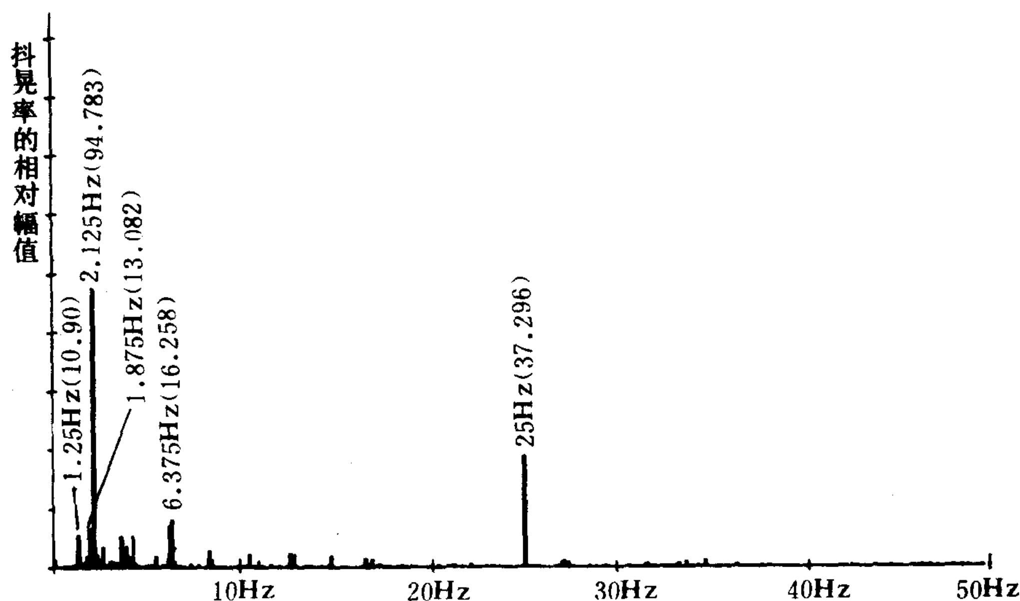
$$\Delta f_2=\frac{1}{T_2}=0.125Hz$$

此外，为了消除测量中的随机误差对分析准确性的影响，我们取平均次数等于 10 次。因此，每张频谱图是信号处理机根据对 10 次输入的抖晃率信号进行分析，所得的平均结果。

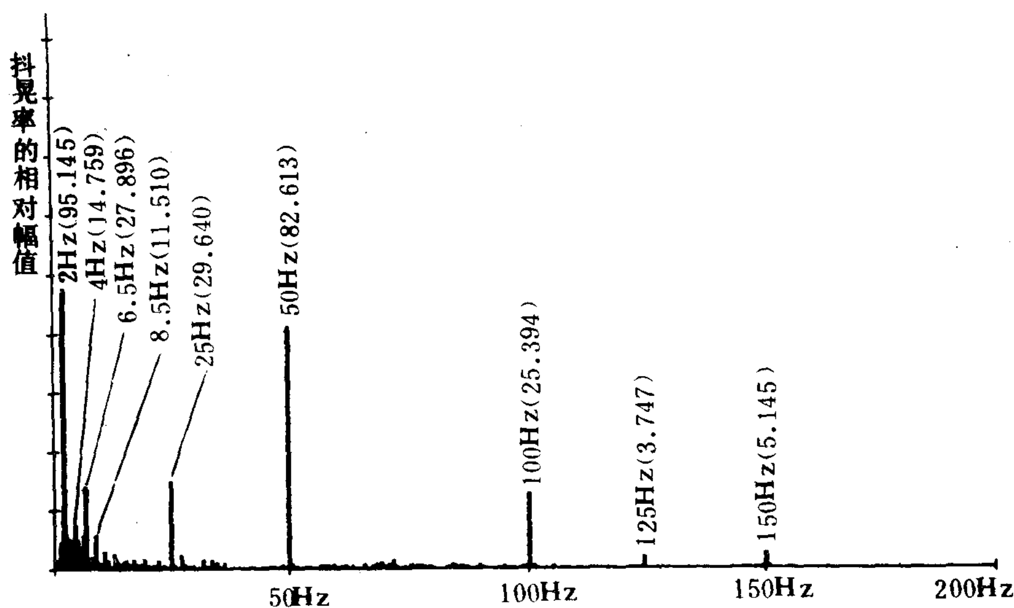
对 HR—2650 录像机的 JIS　UNWTD 音频抖晃率信号进行频谱分析，所得到的频谱图表示在图 7—56 上。

将这两张频谱图与表 7—10 中每个转动件的理论转动频率比较后可知：

对所分析的 HR—2650 录像机，它的音频抖晃率(JIS　UNWTD)产生的主要原因分别为：磁鼓部件(25Hz、50Hz、100Hz)、主导轴(2.125Hz、6.375Hz)、主皮带(1.875Hz、3.625Hz)、收带



(a)



(b)

(a)最高分析频率为 50Hz　　(b)最高分析频率为 200Hz

图 7—56　HR—2650 录像机音频抖晃率的频谱分析结果

皮带(1.25Hz)。

应该指出的是：

在分析频谱图时，除了要注意各转动件的基本转动频率外，还要考虑它们的高次谐波频率。因为这些频率分量都是来自同一个转动件。如轴的椭圆将产生二倍频、轴的三棱形将产生三倍频。同样橡胶件转动件的材料不匀(硬度不匀)也会产生高次频率。

对正方形皮带，由于皮带的实际工作长度和带轮的实际工作直径，在计算时存在一定的误差，而且各谱线间的分辨率又受被分析信号的最高分析频率限制，因此在频谱图上各个转动件

的分析频率与理论值之间会有少许差别。不过只要认真研究是不难找出它们之间的关系的。

由于音频抖晃率信号的幅度是随时间不断变化的，而每次做频谱分析时，又只能取某一段时间内的抖晃率信号来进行研究。因此在频谱图上，各频率分量所对应的幅值大小，在每次分析中，都不会完全相同。不过对抖晃率起主要影响的几个频率值，基本上是不变的，所以对诊断的准确性不会有影响。

7.10 小型录像机及摄录一体机机心

随着录像机的发展，人们对它的要求越来越高。一方面希望有体积小、重量轻和便于携带的高质量的录像机；另一方面又希望能将摄像机和录像机合二为一做成一体机，以便部分取代电影摄影机。为了适应这些要求，必须开发出不同类型的 VHS 型小型机心。

7.10.1 小型录像机机心

小型录像机机心和普通VHS型录像机机心在机械结构上并无明显区别，磁鼓直径仍为62mm。机心尺寸减小的主要原因，是采用了小尺寸的 VHS—C 型盒带。该盒带的外形尺寸为 92×59×25mm，是普通 VHS 型标准盒带尺寸的 1/3。这种盒带一般可记录 30 分钟的节目内容。VHS—C 型盒带的结构与形状如图 7—57 所示。由于盒带尺寸减小，所以整个机心及录像机整机尺寸都明显减小。

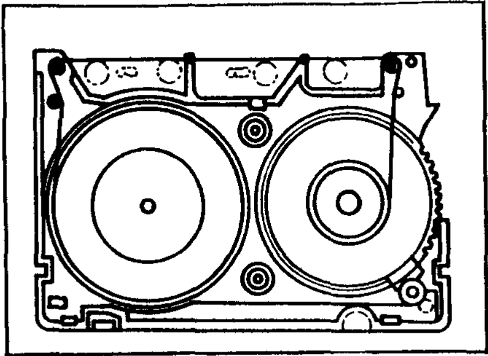
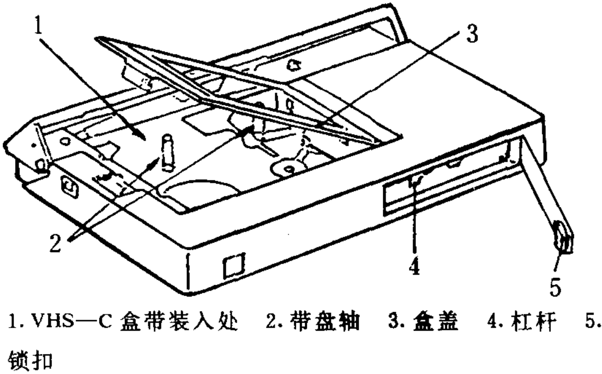


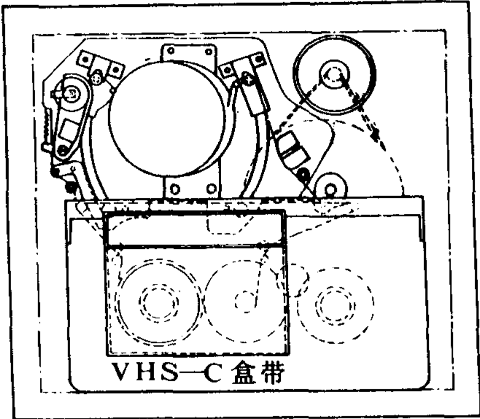
图 7—57 VHS—C 型盒带



1. VHS—C 盒带装入处 2. 带盘轴 3. 盒盖 4. 杠杆 5. 锁扣

图 7—58 VHS/VHS—C 盒带转换盒

为了使 VHS—C 型盒带录制的节目内容能在普通的 VHS 型录像机上重放，设计了专用的转换盒(见图 7—58)。使用时只要将 VHS—C 型盒带放在转换盒内，然后再将转换盒放入普通的 VHS 型录像机中，即可正常工作。VHS—C 型盒带装在普通录像机中的情况如图 7—59 所示。



VHS/VHS—C转换盒

图 7—59 VHS—C 型盒带在普通 VHS 型录像机上工作情况

7.10.2 小型摄录一体机机心

为了使机心的尺寸进一步减小，以便满足小型摄录一体机要求。人们很自然的想到要减小磁鼓的外径。但是，为了保证录制的节目内容能在普通的 VHS 型录像机上重放，必须使磁鼓外径减小后，记录在磁带上的磁迹格式仍与标准的 VHS 型磁迹格式完全一样。

为此，两种机心不论视频磁头数目多少，视频信号的磁迹长度 L_n 和视频磁头的线速度 V_n 都必须相等。

设原来的 VHS 型录像机两磁头机心，磁带在磁鼓上的理论包角 ω_2 为 180°，而在新的摄录一体机四磁头机心中，由于磁鼓外径减小，故包角 ω_4 必须增加，设计时取为 270°。

两磁头录像机的视频磁迹长度 L_2 和视频磁头的线速度 V_2 分别为：

$$L_2=\frac{\omega_2}{360}\pi D_2 \tag{7—65}$$

$$V_2=\frac{N_2}{60}\pi D_2 \tag{7—66}$$

四磁头摄录一体机的视频磁迹长度 L_4 和视频磁头的线速度 V_4 分别为：

$$L_4=\frac{\omega_4}{360}\pi D_4 \tag{7—67}$$

$$L_4=\frac{N_4}{60}\pi D_4 \tag{7—68}$$

式中：D_2、D_4——分别为两磁头磁鼓和四磁头磁鼓的外径；

N_2、N_4——分别为两磁头磁鼓和四磁头磁鼓每分钟的转数。

为了使两种机心记录在磁带上的磁迹格式完全相同，必须使 $L_2=L_4$；$V_2=V_4$，由此可得：

$$D_4=\frac{\omega_2 D_2}{\omega_4}=\frac{2}{3}D_2 \tag{7—69}$$

$$N_4=\frac{N_2 D_2}{D_4}=\frac{3}{2}N_2 \tag{7—70}$$

对 PAL 制 VHS 型录像系统：

$$D_2=62\text{mm};N_2=1500\text{r/min}。$$

将这些数据代入上面两式得：

$$D_4=41.333\text{mm};N_4=2250\text{r/min}。$$

小磁鼓四磁头 VHS 型摄录一体机的工作原理如下：四个视频磁头 A_1、B_1、A_2、B_2 互成 90°的精确安装在上磁鼓上，而磁带在磁鼓上的包角为 270°(见图 7—60)。由于有三个或更多的磁头与磁带同时接触，所以当磁鼓旋转时，四个磁头必须按 $A_1\to B_1\to A_2\to B_2$ 的顺序接通，开关转换频率为 50Hz。这样就可以轮流将信号记录在磁带上或从磁带上拾取信号。这种摄录一体机记录的磁迹格式如图 7—61 所示。其中视频磁头 A_1、A_2 的方位角为－6°；B_1、B_2 的方位角为＋6°。因此，A_1、A_2 磁头拾取或记录磁带上 A 磁迹的信号，B_1、B_2 磁头拾取或记录磁带上 B 磁迹的信号。

四磁头小磁鼓机心，目前主要设计成两种典型的结构。

1. 小直径磁鼓与标准的 VHS 型盒带

这种机心在 NV—M1 和 NV—M7 等摄录一体机中得到了应用。它采用了直径为 41.33mm 的磁鼓，但盒带仍为标准的 VHS 型，故它录制的节目内容，可直接在普通的 VHS 型录像机上

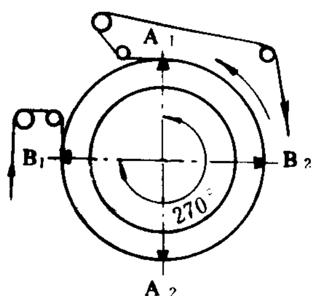


图 7—60 四磁头小磁鼓机心工作原理

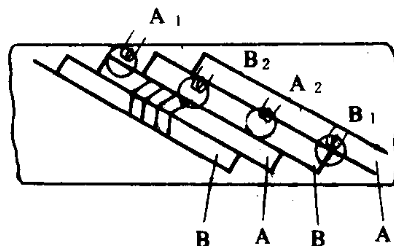
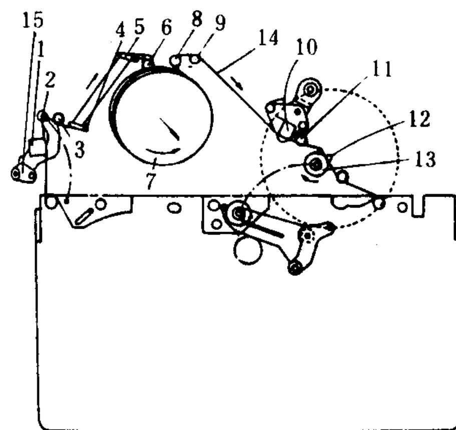


图 7—61 四磁头小磁鼓的记录磁迹

重放。

这种机心磁带运行时的情况如图 7—62 所示。由图知磁带 14 从供带盘拉出来后，经过全消磁头 1、张力杆 2、限位导柱 3，进入供带侧斜导柱 4、5 及垂直导柱 6 后，从供带侧自然切入磁鼓 7。在磁鼓上磁带包绕 270°后，再经过收带侧垂直导柱 8 及 9、音/控磁头 10 及限位导柱 11，由主导轴 12 和压带轮 13 将磁带收回到收带盘中。

这种机心的磁鼓轴线与底板基准面的法线间成一角度，而轴线的倾斜方向在基准面上的投影与磁带从磁鼓切出的方向是平行的。因此磁带在收带侧其带边是与基准面平行，而带面则与基准面垂直，收带侧的所有限位导柱，都可以设计成与基准面垂直的旋转型导柱。



1. 全消磁头 2. 张力杆 3. 限位导柱 4. 供带侧斜导柱 5. 供带侧斜导柱 6. 供带侧垂直导柱 7. 磁鼓 8. 收带侧垂直导柱 9. 收带侧垂直导柱 10. 音/控磁头 11. 限位导柱 12. 主导轴 13. 压带轮 14. 磁带 15. 张力臂

图 7—62 NV—M3 摄录一体机机心的走带系统

这种机心的特点是，除了外形尺寸较小外，由于收带侧均为旋转型垂直导柱，故磁带经过它们时张力增加很少。因此与普通 VHS 型录像机机心比较，当两种机心在磁鼓入口处，磁带上的张力相同时(这可以通过调节张力臂上弹簧力的大小来达到)。新机心在音/控磁头附近磁带上的张力，要比普通 VHS 型机心小，所以要求驱动磁带运行的牵引力也小一些。

2. 小直径磁鼓与 VHS—C 盒带

这种机心除 3 采用直径为 41.33mm 的磁鼓外，还使用了小尺寸的 VHS—C 盒带，因此整个机心的尺寸很小。由于使用的是 VHS—C 型盒带，所以通过转换盒后，录制的节目内容也可以在普通的 VHS 型录像机中重放。

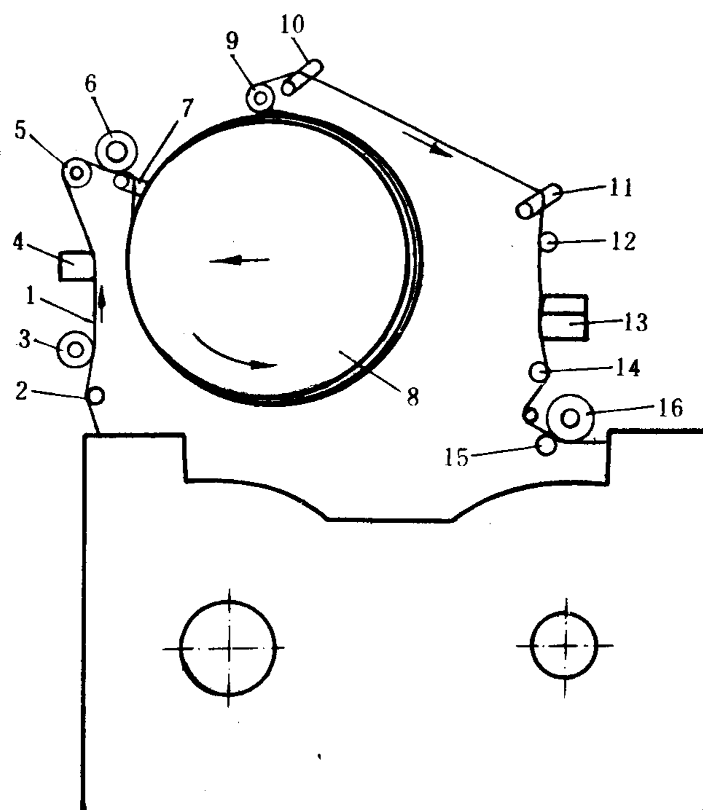
这种机心磁带运行时的情况如图 7—63 所示。由图知，磁带 1 从供带盘出来后，经过张力杆 2、限位导柱 3、全消磁头 4、供带侧垂直导柱 5、阻尼轮 6 以及供带侧斜导柱 7 自然切入磁鼓 8。磁带在磁鼓上包绕 270°后，再由收带侧切出，经过收带侧垂直导柱 9、收带侧第一根斜导柱 10、第二根斜导柱 11 后，磁带带侧变成与底板基准面平行，磁带带面则与基准面垂直，再经过导柱 12、音/控磁头 13、限位导柱 14 后，由主导轴 15 及压带轮 16 收回到收带盘中。

在这种机心中，磁鼓的轴线，是朝着供带侧倾斜一定角度。

这种机心的主要特点是：

① 由于磁鼓直径和使用的盒带尺寸都较小，所以整个机心小而轻。

② 磁鼓轴线的倾斜角较小(一般只有几度)，故磁鼓有较低的安装高度，所以设计出的机



1. 磁带 2. 张力杆 3. 限位导柱 4. 全消磁头 5. 供带侧垂直导柱 6. 阻尼轮 7. 供带侧斜导柱 8. 磁鼓 9. 收带侧垂直导柱 10. 收带侧第1根斜导柱 11. 收带侧第2根斜导柱 12. 限位导住 13. 音/控磁头 14. 限位导柱 15. 主导轴 16. 压带轮

图 7—63 NV—M300 摄录一体机机心的走带系统

心比较薄。

③ 走带系统中，三根斜导柱轴线的倾斜角都不太大。

④ 磁带在斜导柱上的包角较大，因此磁带经过斜导柱后，其上张力将增加。

这种结构的机心，目前已在 NV—M300EN、NV—M600EN 等摄录一体机上得到采用。

表 7—11 列出了几种典型 VHS 型机心的外形尺寸和重量的比较结果，从表中可以看出它们之间的差异。

表 7—11 几种典型 VHS 型机心外形尺寸和重量比较

机　　型	普通 VHS 型录像机 (磁鼓直径 62mm)	VHS—C 型录像机 (磁鼓直径 62mm)	VHS—C 型摄录一体机 (磁鼓直径 41.33mm)
机心的外形尺寸 长×宽×厚	220×190×90mm	150×147×65mm	116×124×50mm
重量	2kg	1kg	0.52kg

7.11 VHS 型录像机机心的新发展

VHS 型录像机机心，从 1976 年开发至今，已经历了三个阶段。

1976～1980 年期间(第一个阶段)开发的机心，它的各种功能操作、变换、联动、互锁等控

制方法，都与录音机机心的结构相似，都是采用机械按键及触点开关来实现。因此，机心的结构复杂、体积大、零件多、操作时噪音大、可靠性也较低。

1980～1985 年期间（第二个阶段），由于单片机在录像机中获得了广泛应用，不但扩展了录像机的控制和保护功能，而且也使机心的操作和结构更为简化。原来的机械按键被检测元件和轻触键所取代，从而使机心设计更灵活，可靠性也随之提高。

1985 年以后（可称为第三个阶段），VHS 录像机朝着多制式、高质量、高清晰度、多功能、小型化、低成本等方向发展。为了适应整机发展需要，机心也朝着小型化、轻量化、少电机、多功能和高质量等方向发展。同时在设计方法上，也广泛采用了 CAD 技术。现将这些方面的情况，综合介绍如下：

1. 机心及整机的高度和重量减小

机心的小型化和轻量化，主要沿着两个方向发展。

① 设计了薄形磁鼓，使机心和整个录像机的高度随之降低。表 7—12 列出了近年来开发的录像机高度变化的情况。

表 7—12　　录像机高度变化的情况

开发年代	1980 年	1983～1985 年		1988～1989 年	
代表机型	NV-370	NV-450	VT-236	NV-G33	VT-426
整机高度	115mm	99mm	95mm	82mm	81mm

② 设计了新的 VHS 型摄录一体化小型机心，使整机的重量和体积大为减小。

机心的外形尺寸和重量，主要由磁鼓直径及盒带大小决定。新设计的 VHS-C 摄录一体机机心，在保证记录的磁带格式与原 VHS 型录像机兼容的情况下，已将磁鼓直径由 62mm 减小到 41.33mm，磁带在磁鼓上的包角由原来的 180°增加到 270°，磁鼓转速由 1500 转/分增加到 2250 转/分，盒带尺寸由 188×104×25mm（标准 VHS 盒带）减小到 92×59×25mm（VHS-C 盒带），从而使摄录一体机的外形尺寸和重量都大为减小。表 7—13 列出了几种录像机的重量和外形尺寸的比较结果。

表 7—13　　几种录像机总机的重量和外形尺寸比较

机　型	普通 VHS 型录像机		摄录一体机（标准盒带）	摄录一体机（VHS-C 盒带）	
	NV-450MC	NV-L10MC	NV-M7MC	NV-M600EN	NV-S100EN
重　量	7.2kg	5kg	2.3kg	1.6kg（不带电池盒）	0.78kg（不带电池盒）
外形尺寸 宽×高×长	420×99×367mm	380×82×343.5mm	120×187×398mm	125×159×283mm	95.3×133×145mm

2. 机心中使用的电机减少

前几年生产的录像机机心，大都采用 5 个电机（磁鼓电机、主导电机、盒带仓电机、加载电机、带盘电机）分别对各有关机构进行驱动，如 V73-DC、VH-200 等录像机机心，就是采用这种驱动方式。

后来随着直接驱动的主导电机出现，机心改为四个电机驱动。此时主导电机兼作带盘电机，如 NV-450、NV-G10、NV-G12 等录像机机心，都是采用这种驱动方式。

最近生产的录像机机心，为了降低成本、减小高度以及简化控制电路，大都采用三个电机

驱动,即磁鼓电机、主导电机(兼作带盘电机和盒带仓电机)、加载电机,如 VT-426、VT-747 等录像机机心,都是采用这种驱动方式。

另外,有些录像机机心如 HR-D660ED、VC-A507D,则是采用磁鼓电机、主导电机(兼作带盘电机)、加载电机(兼作盒带仓电机)的驱动方式。

松下公司最近设计的机心,采用两个电机驱动,即磁鼓电机、主导电机(兼作加载电机、盒带仓电机、带盘电机),如 NV-G33、NV-L10、NV-L15 等录像机机心,都是采用这种驱动方式。

应该指出的是:两电机驱动,虽然减少了录像机中使用的电机数目,但机心结构复杂,工作状态转换所需的时间增长。此外由于对各机构相互安装位置有较精确的要求,所以机心的维修、拆卸和安装工作,难度都比较大。

3. 机心的功能增多

最近开发的机心,增加了一些新的机构,以便实现更多的功能。

(1) 半加载功能

以往设计的机心,在停止、快进、倒带状态时,磁带是完全收入带盒内的,磁带量一般是通过对收带轮转动的圈数计数来确定。这种计数方法的缺点是计数值与磁带实际运行的长度关系不确定,故使用起来不大方便。

机心中增加半加载功能(如 VT-426E 等)后,在停止状态磁带被拉出少许成预加载状态,在快进和倒带状态,磁带被进一步拉出,并使其包绕在控制磁头上成半加载状态。因此,控制磁头在快进、倒带状态下,都能检测出磁带上的控制脉冲信号,并通过对该控制脉冲数目进行计数,即可测出磁带真正的长度,实现以时间为单位的寻址功能。同时通过控制磁头,还可以在快进和倒带状态时,检测出记录在控制磁迹上的检索信号,并通过检索信号迅速、准确地查找到所需要的节目内容,实现自动检索寻址功能。

此外,由于在停止状态时磁带已被拉出,故由停止转换到重放(或记录)状态的时间,也将缩短。

在图 7—64 上,表示出了预加载和半加载时,磁带与磁鼓及控制磁头的相互位置关系。

(2) 全加载功能

这种功能能使机心在停止、快进、倒带状态时,将磁带包绕在磁鼓及音/控磁头等有关零件上(如 HR-D660ED)。与正常重放状态不同之处在于此时压带轮没有压在主导轴上,故不走带。

设计这种功能的目的,是为了最大限度地缩短录像机由停止进入重放状态的转换时间(一般只需要 1～2s)。此外,该功能也能在快进、倒带状态下,通过控制磁头检测出磁带上的控制脉冲数目,实现以时间为单位的寻址功能;也可以通过控制磁头检测出记录在控制磁迹上的检索信号,使录像机具有自动查找和检索节目的功能。全加载时,磁带所处的位置如图 7—65 所示。

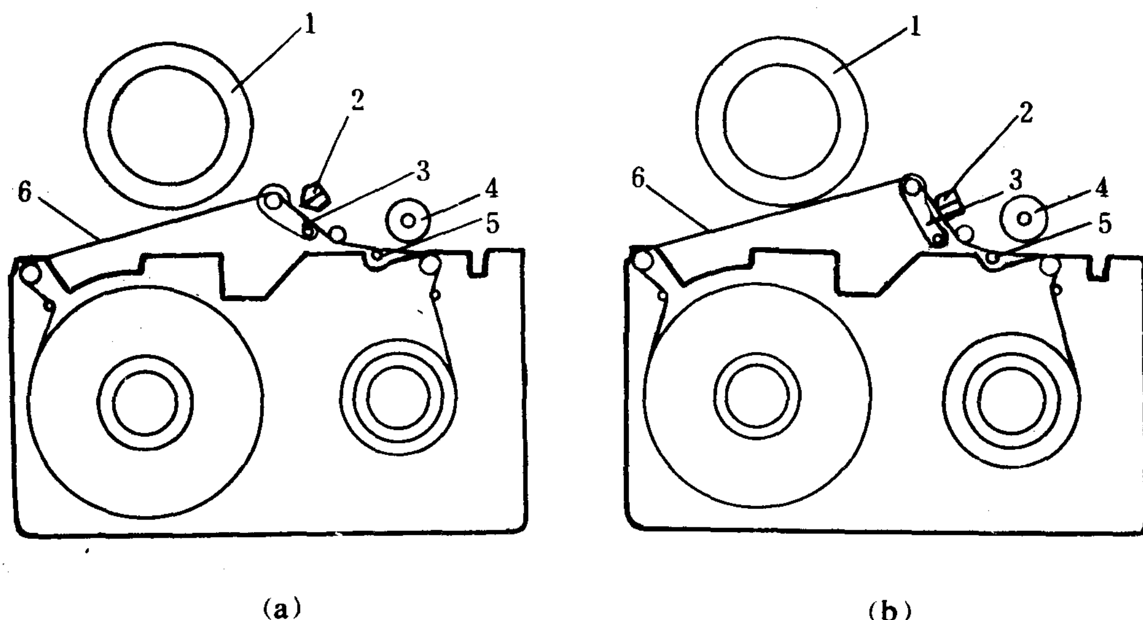
(3) 视频磁头自动清洁功能

视频磁头使用一段时间以后,空气中的灰尘以及磁带上的磁粉和其它脏物会粘在它的上面,这样就使录像机在重放时画面模糊不清,严重时甚至看不到图像。

为了除去视频磁头上的脏物,以往都是使用清洁带或酒精、麂皮对磁头进行擦拭。

最近生产的录像机(如 VT—747、SLV—X50DH 等),都增加了视频磁头自动清洁功能。

这种功能的工作原理如图 7—66 所示。和一般机心相比,它在磁鼓的右上方,加装了一个视频磁头自动清洁机构。每当机心进行加载或卸载时,在凸轮(图上未画出)驱动下,使摆杆 2 及清洁轮 1 靠向磁鼓 3 并对视频磁头进行一次清洁,清洁后清洁轮随即退回原处。



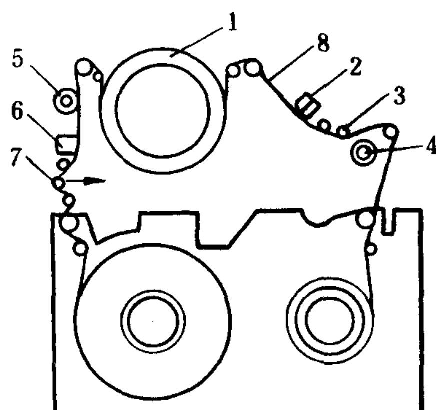
1. 磁鼓　2. 音/控磁头　3. 半加载杆　4. 压带轮　5. 主导轴　6. 磁带　(a)预加载状态　(b)半加载状态

图 7—64　半加载功能

清洁轮由特殊薄片材料做成，本身没有旋转能力，当它贴在上磁鼓表面上后，就随上磁鼓一起旋转，每次清洁的时间很短(约 1 秒钟)。

视频磁头自动清洁功能，虽然可以保证每次重放时画面较清晰，但是由于磁带每加、卸载一次，就要清洁一下磁头，这可能会增加视频磁头的磨损，使它的使用寿命缩短。

在新近设计的机心中，已将清洁功能设计成既可自动又可手动，这样当视频磁头不需要清洁时，可将该功能取消。



1. 磁鼓　2. 音/控磁头　3. 主导轴 4. 压带轮　5. 阻尼轮　6. 全消磁头　7. 张力杆　8. 磁带

图 7—65　全加载状态

4. 机心零、部件性能的提高

为了进一步改善录像机的性能，最近在机心主要零、部件的设计上，又做了一些改进。

(1) 主导轴采用了两端支承的结构

由于机心中采用直接驱动的主导电机，因此电机轴就是主导轴。故压带轮给主导轴的正压力都直接由主导电机轴承来承受。

以往设计的直接驱动主导电机，主导轴(即电机轴)都是按一端支承的结构设计的。所以，在主导轴上与压带轮接触处的变形以及主导轴轴承上所受到的外力都比较大。新设计的直接驱动主导电机，主导轴采用两端支承结构，故主导轴的变形及主导轴承上的受力情况都得到了改善。

图 7—67 是这两种结构的主导轴及主导轴承的受力分析简图。

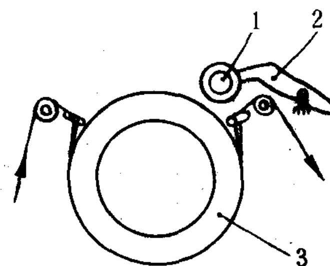
设压带轮作用在主导轴上的正压力为 P，主导轴的伸出长度及两轴承间的距离为 l，根据有关的力学知识，可以计算出：

$$f_{s_1} = \frac{Pl^3}{24EI}$$

$$R_{A1} = \frac{3}{2}P; R_{B_1} = \frac{P}{2}$$

$$f_{s_2} = \frac{Pl}{43EI}$$

$$R_{A_2} = \frac{P}{2}; R_{B_2} = \frac{P}{2}$$



1. 清洁轮 2. 摆杆 3. 磁鼓

图 7—66 视频磁头自动清洁功能

式中：f_{s_1}、f_{s_2}——分别为主导轴在 s_1 及 s_2 点处的变形；

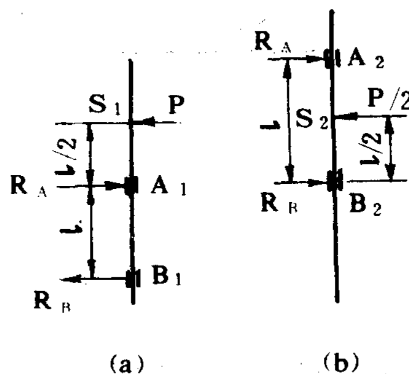
R_{A_1}、R_{B_1}、R_{A_2}、R_{B_2}——分别为主导轴承 A_1、B_1、A_2、B_2 上的反力；

E——主导轴的弹性模量；

I——主导轴的惯性矩。

计算表明：图 7—67 方案(b)明显优于方案(a)。

主导轴采用了两端支承的结构后，它必须设置在带盒的外边，否则带盒将无法放在两个带轮上。主导轴位置的这种变化，将使音/控磁头的位置，也跟着向后移动，其情况如图 7—68 所示。



(a) 一端支承 (b) 两端支承

图 7—67 主导轴的受力分析

(2) 阻尼轮的形状发生了变化

为了减小磁带的纵向振动对录像机音、视频抖晃的影响，在 VHS 型录像机机心的供带侧，通常都装有一个阻尼轮。阻尼轮一般都设计成圆柱体或锥度很小的圆锥体。

由理论分析知，阻尼轮的转动动能 E 越大，则它所起的作用愈明显。

因
$$E = \frac{1}{2}J\omega^2 = \frac{1}{2}\frac{J}{r^2}V_0^2 = \frac{1}{2}J' V_0^2 \tag{7—71}$$

式中：J——阻尼轮的转动惯量；

r——阻尼轮与磁带接触处的半径；

J'——阻尼轮的等效转动惯量；

V_0——磁带的线速度(2.339cm/s)。

为了增加阻尼轮的效果，在新设计的机心中(如 *HR-D660ED*)，阻尼轮采用阶梯式的结构(见图 7—69)。由图知，这种阻尼轮的等效转动惯量为：

$$J' = \frac{J_1 + J_2}{r_1^2} \tag{7—72}$$

式中：J_1——金属部分的转动惯量；

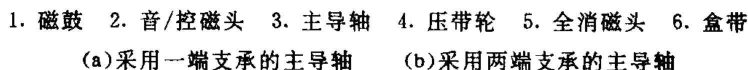
J_2——塑料部分的转动惯量。

在这种结构中，由于金属部分的转动惯量较大，而磁带与阻尼轮接触处的半径 r_1 较小，因而能获得较大的等效转动惯量，所以对衰减磁带的纵向振动，能得到较好的效果。

(3) 采用镀钛磁鼓

夏普公司最近生产的一些录像机(如 VC-A507D)，在磁鼓的表面上镀了一层钛。由于钛金属具有防腐、耐磨等性能，所以镀钛后的磁鼓不易磨损。

但是实际上录像机机心在工作中，最容易磨损的是安装在上磁鼓上的两个视频磁头，而不



1. 磁鼓　2. 音/控磁头　3. 主导轴　4. 压带轮　5. 全消磁头　6. 盒带

(a)采用一端支承的主导轴　　(b)采用两端支承的主导轴

图 7—68　走带系统布置图

是磁鼓，而且一旦视频磁头磨损后，一般必须和上磁鼓一起更换(因为视频磁头的装配精度，要求极高，没有专用的精密仪器，单纯更换视频磁头是很难达到这种精度的)，所以片面提高磁鼓的耐磨性，实际效果并不明显。

(4) 采用高齿渐开线负变位齿轮

在录像机机心中，为了在重放状态下运动平稳、噪声小，带盘机构大都采用摩擦传动。但是摩擦传动的可靠性差，当录像机工作一段时间后，由于工作表面摩损或被脏物污染等原因，传动力矩会明显下降，使机心不能正常工作。



1. 阻尼轮　　2. 磁带

(a)普通阻尼轮　　(b)阶梯式阻尼轮

图 7—69　阻尼轮结构

为了克服上述缺点，而又不致产生过大的噪声，新设计的机心(如 VT—426E)，在带盘机构中，采用了高齿渐开线负变位齿轮传动。这种齿轮齿总高大于三倍模数，两个齿轮传动时，重叠系数通常都在 2.5 以上(在同样条件下，标准齿轮传动的重叠系数只有 1.7 左右)。由于工作中两齿轮同时啮合的齿对数增加，所以平稳性增加、噪声减小。此外，随着齿总高加高，齿本身的弹性也加大，故吸振性也变好。

在相同模数条件下，标准渐开线齿轮和高齿渐开线负变位齿轮的齿形比较情况如图 7—70 所示。

5. 机心设计方法的改进

近年来，机心类型不断增加，结构也越来越复杂，产品的设计和开发的周期大为缩短。因此，传统的设计方法已经不能满足这些要求。为了适应新形势的需要，在机心的设计中广泛采用了计算机辅助设计技术(CAD)。

下面以 VHS 型录像机机心的计算机辅助开发系统为例，将机心走带系统的设计过程简要介绍如下：

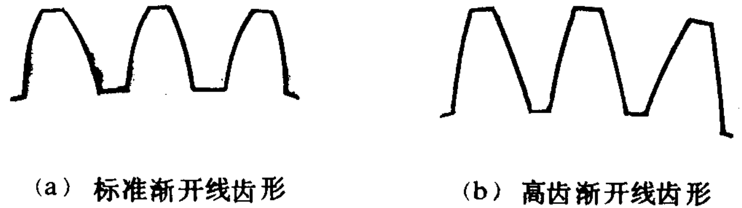


图 7—70 标准渐开线齿轮及高齿渐开式齿轮的齿形比较

① 利用走带系统的开发程序，对走带系统进行设计，得到系统中各有关零件的中心坐标值和姿态。计算出在各零件间运行的磁带带面和带边在空间的位置以及磁带中心线的轨迹，从而设计出走带系统的初步方案。

② 利用专用程序，通过计算机自动生成走带系统的三维空间模型。

③ 利用分析程序，对走带系统的三维空间模型进行分析。一方面对加载部件的轨迹，以及它和其它零件是否发生干涉的情况进行分析；另一方面用有限元法，对磁带在走带系统中的应力和变形进行分析，以确定各导柱的制造和装配公差。

④ 设计者按上述步骤，对走带系统边设计、边检查、边修改反复进行，并从多种设计方案中进行优选，直到获得满意的走带系统为止。

第八章 视频磁头鼓组件

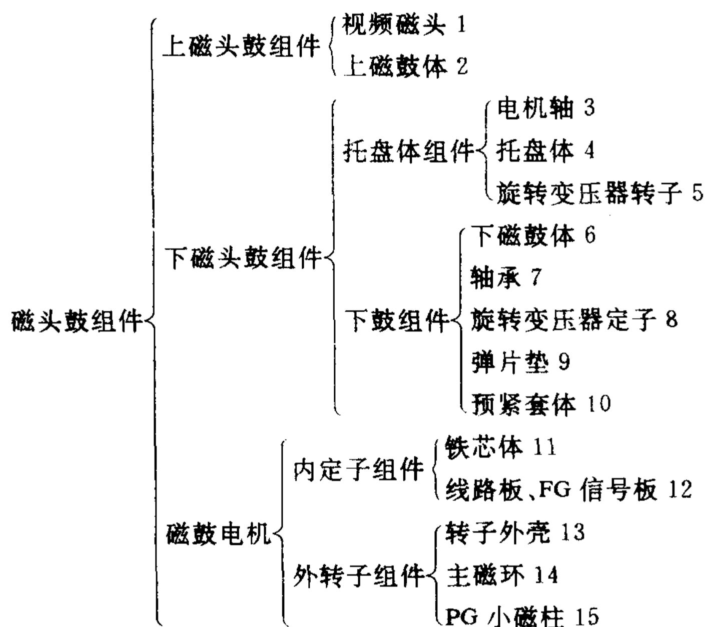
录像机的关键技术之一是采用旋转磁头来提高磁头-磁带的相对速度。因此把实现这一技术的视频磁头鼓组件称为录像机的心脏。视频磁头鼓组件不仅影响着录像机的各项技术指标，而且也影响着录像机的使用性能和经济指标。

8.1 视频磁头鼓组件的组成

视频磁头鼓组件的基本作用是在鼓伺服电路的控制下使上磁鼓体和视频磁头平滑地稳速且以一定相位旋转。结构上应保证视频磁头在旋转时与规定的基准面和螺旋导带线保持正确的高度和方位角(倾斜度)，并为走带提供正确的轨道角度，从而使视频磁头在磁带上扫描出符合规定的磁迹形位图。实际上磁头鼓组件就是一个扫描器。

由于 VHS 家用录像机是螺旋扫描方式，要求磁带倾斜地以 Ω 形状包绕在磁鼓体上，圆柱形的鼓体高度必须大于磁带宽度，以便进行磁带包绕。磁鼓体分为上下二层。下磁鼓体固定不动，在它的表面加工有引导磁带的螺旋导带线(导槽)，起引导磁带的作用。上磁头鼓是旋转的，上面有视频磁头。图 8—1 为日立 VT426 录像机磁头鼓组件结构简图。

从图中可见磁头鼓组件基本构成如下：



为了无触点地引出旋转视频信号和向旋转视频磁头传送记录信号，在上、下磁头鼓组件间设有旋转变压器。旋转变压器的转子组件同上磁鼓体相连。旋转变压器的定子组件同下磁鼓体相连。

在录像机中为了保持视频磁头旋转速度的准确和稳定，设有磁头鼓伺服电路。为了向磁头

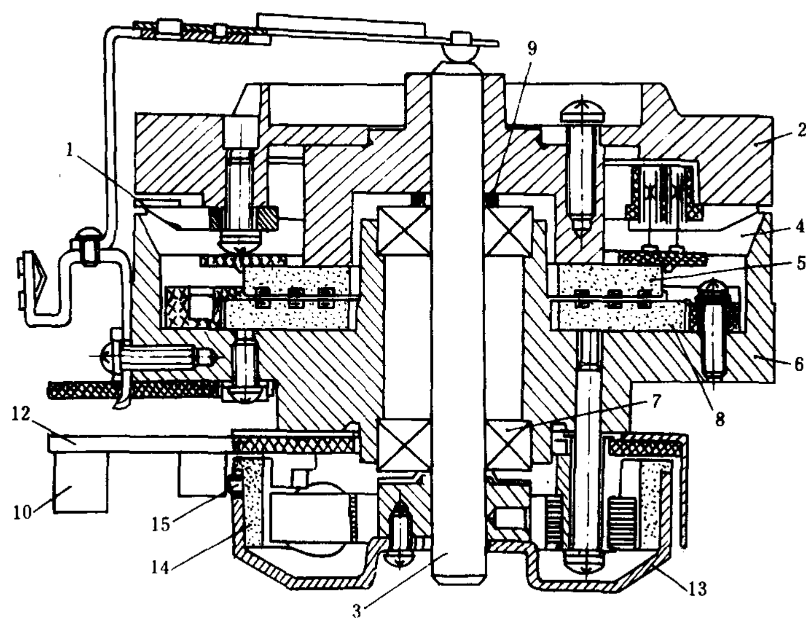


图 8—1　磁头鼓组件结构简图

鼓伺服电路提供必要的检测信号，在磁头鼓组件中设有旋转速度检测器和旋转相位检测器。为了降低成本和便于批量生产，目前 VHS 家用机磁头鼓组件的速度检测器和相位检测器同磁鼓电机是否为一体的。

8.2　磁头鼓组件结构中的二个重要参数

这二个重要参数一是视频磁头同螺旋导带线的位置关系；二是螺旋导带线同磁鼓基准面面间的关系。

见图 8—2。图中 H_1 值实际上是决定了螺旋导带线在机心中的空间位置。当然这是由机心走带系统的设计所决定的。在决定此值时，通常应由机心设计者根据走带系统的设计计算结果向鼓组件的设计者提供此参数。也可由鼓组件的设计者根据走带系统自己进行分析计算。有关的分析计算请参阅有关走带系统的分析。在对磁头鼓组件进行测绘时，应采取分析计算同实测结合进行。

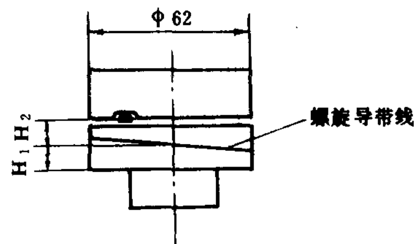


图 8—2　磁头鼓组件结构上二个参数

H_2 值从录像机磁迹形位图的分析中可以确定。下面以 VHS 家用机为例来进行说明。见图 8—3。

形成视频磁迹时，视频磁头按图中所示的方向在旋转扫描，同时磁带沿着螺旋导带线按图中所示的方向在运动。磁带上所形成的视频磁迹是视频磁头和磁带二者速度的矢量和在视频磁头从磁带入口到出口这期间扫描的轨迹。磁带沿着螺旋导带线作恒速运动。

视频磁迹有效宽度(即从上到下占磁带的宽度)W 为 10.07mm，对应着 0°和 180°二个开关点。O′点为视频磁迹的中点，即 90°的位置。视频磁迹区中心到磁带基准边的距离 L 为 6.2mm。O′ C 即为 L。形成 O' 点磁迹时，视频磁头从开关点算起，正好旋转 1/4 圈即 90°至 0 点，正对着

螺旋导带线90°的 E 点。显然，OE 间的距离便表示了旋转中的视频磁头同静止的螺旋导带线间的关系。

$H_2=OE$

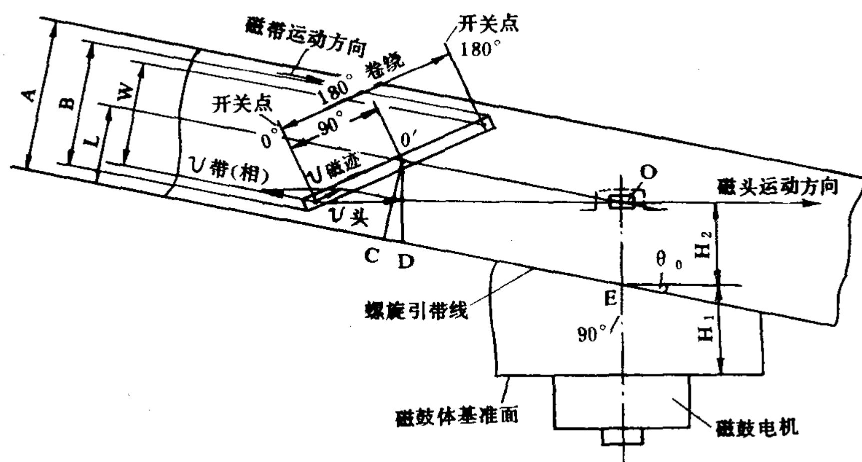
因 $OEDO'$ 为平行四边形，

$OE=O'D$，

在直角三角形 $\triangle O'DC$ 中，

$\angle DO'C=\theta_0=50°56'7.4''$

$H_2=O'C/\cos\theta_0=6.2/\cos(5°56'7.4'')=6.233\text{mm}$



A：视频磁带宽度：12.65mm　B：视频磁迹宽度：10.60mm　W：视频磁迹区有效宽度：10.07mm

L：视频磁迹区中心到基准边距离：6.2mm　θ_0：螺旋引带线升角：5°56′7.4″

图 8—3　H_2 值确定分析图

8.3 磁头鼓组件的主要技术要求

评价录像机质量好坏的一个重要手段是判定录像机所记录的磁迹形位图是否符合标准的磁迹形位图。缩小同标准磁迹形位图的差异已成为提高录像机质量的一个主要目标。除了其他电路条件之外，应该说这主要取决于录像机的心脏—磁头鼓组件。

对磁头鼓组件的主要技术要求如下：

1. 外观

磁鼓表面无锈蚀、霉斑、划痕、毛刺和机械损伤。鼓电机壳体等应无疵点。有关标志清晰。结构完整牢固，转动灵活无异常声音。

2. 机械特性

① 旋转精度一般以动态的即工作状态的旋转精度来考虑。实际中通常用上磁鼓体在手动转动状态下的径向和轴向跳动来考核。该跳动一般应小于 0.005mm。

② 下磁鼓体螺旋导带线展开后的直线度应小于 0.005mm，工程上实际控制在 0.002mm。

③ 以磁鼓组件旋转中心为基准，下磁鼓基准面的端跳应小于 0.005mm。

④ 静磨擦力矩。因鼓结构和装配中采用不同的参数有一定的变动范围，通常在 98×10^{-5} N·m 左右变化。

⑤ 视频磁头至下鼓基准面的距离。该值由走带系统确定，其公差可由磁迹形位图确定。

3. 视频磁头空间位置

① 视频磁头的姿势。

② 视频磁头探出量:0.04～0.045±0.007mm。

③ 视频磁头探出量半径差。

④ 视频磁头高度差:≤0.003～0.004mm。

⑤ 视频磁头平面角:180°±33″。

4. 鼓电机和 FG、PG 性能

① 空载转速。

② 空载电流。

③ 堵转力矩。

④ 堵转电流。

⑤ 起动时间、最大工作电流。

⑥ FG 输出电平、电平变动量和调频抖动。

⑦ PG 输出电平等。

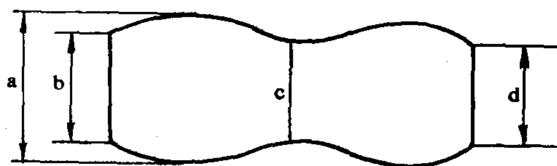
⑧ 绝缘电阻、介电强度。

5. 磁鼓组件的机械噪声<50dB－A

6. 磁鼓组件的电气特性

① 将鼓组件装在相应配套的录像机上,其视频抖动应≤0.22μs。

② 将组件装在相应配套的录像机上,自录自放 APL50%阶梯波信号和重放包络测试带,二种状态包络平坦度见图 8—4。



b/a 、d/a >0.66 (0.70)
c/a>0.73 (0.85)

图 8—4 包络平坦度要求

③ 将鼓组件装在相应配套的录像机上,重放包络测试带,其相邻场重放电平差应≤4dB。

④ 将鼓组件装在相应配套的录像机上,其亮度信噪比应≤43dB。

7. 寿命

上鼓组件(主要指视频磁头)的寿命,通常不应小于 1000h(小时)。其次是考核鼓电机和磁鼓轴承的寿命。电机寿命的考核方法通常是在高温条件下可空载也可带载对电机进行通断试验。一般以 10s 左右通电或以 10s 左右断电为一个周期,进行 10 万次左右后,用电机工作电流增加量不超过规定的限度来判定。轴承寿命通常可代表鼓组件的寿命。其考核方法通常是在高温、高湿和低温状态下转动一定时间后用鼓 FG 抖晃的增加量不超过规定的限值来考核判定。至于视频磁头寿命的考核可参阅有关的标准。

8. 环境适应性能

① 高温负荷、高温贮存。

② 低温负荷、低温贮存。

③ 高温高湿性能、温度变化性能。

④ 耐冲击性能、耐跌落性能。

8.4 上、下磁鼓体的要求

要满足以上对磁头鼓组件的主要技术要求,那么对构成磁头鼓组件的上、下磁鼓体不论在

尺寸精度还是形位精度上都提出了相当严格和特殊的要求。

8.4.1 上磁鼓体

为了减少磁带与上磁鼓体外圆柱表面之间的摩擦力，防止它们之间发生镜面吸附现象，同时又要保证磁带与视频磁头之间接触良好，在上磁鼓体外圆柱表面上按一定的轮廓尺寸和形状开有5条气槽，以便在上磁鼓体外圆柱表面和磁带之间形成进出平衡的气膜。根据IEC有关VHS方式录像机的标准规范，为了保证产品的互换性和一致性等质量要求，对上磁鼓体的外圆柱表面的直径、与下磁鼓组件的托盘相配合的内孔、安装视频磁头的基准平面与托盘结合面之间的距离等的尺寸精度、形位公差及表面粗糙度都要严格控制。其主要尺寸、精度、形位公差和表面粗糙度的控制范围因厂家不同，机型不同，可能也不一样，通常的数据列于表8—1，仅供参考。上磁鼓体示意图见图8—5。

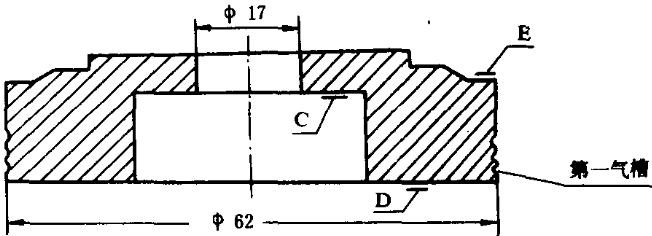


图8—5 上磁鼓体示意图

表8—1 上磁鼓体的主要尺寸，及其尺寸精度、形位公差和表面粗糙度的控制范围

称谓		名义尺寸(mm)	尺寸精度(mm)	形位公差(mm)						表面粗糙度(mm)	备注
				圆度○	圆柱度○	同轴度◎	垂直度⊥	平行度//	平面度□		
外径		φ62	+0.006 +0.003	0.001	0.002	φ0.002(相基准φ17)	0.0015(相对基准端面D)			Ry3～5	
内孔		φ17	+0.005 +0.001	0.001	0.002					Ra0.8	基准
气槽尺寸形状	开口宽度	0.115	+0.005								
	开口角度	90°									
	槽底	R0.01									
气槽分布位分	第一气槽至端面D的距离	2.5									气槽数为5
	气槽节距	1.5	±0.005								
托盘安装面C							0.0015(相对基准孔φ17)	0.002(相对基准端面D)	0.002	Ra0.4	
磁头安装面D							0.0015(相对基准孔φ17)		0.001	Ra0.4	基准
C-D两端面间的轴向距离		11.5	+0.003 −0.005								
精密定位面E(测量面)							0.0015(相对基准孔φ17)	0.002(相对基准端面D)	0.002	Ra0.4	基准

* 不同厂家、不同机型，其结构差别较大，尺寸形状也不同，表中有些尺寸数据仅供参考。

表 8—2　下磁鼓体的主要尺寸，及其尺寸精度、形位公差和表面粗糙度的控制范围

称　谓		名义尺寸(mm)	尺寸精度(mm)	形位公差(mm)							表面粗糙度(mm)	备　注
				圆度 ○	圆柱度 ○	同轴度 ◎	垂直度 ⊥	平行度 //	平面度 □	直线度 —		
外　径		φ62.3	±0.03								Ra0.4	
磁带运走圆柱体直径		φ62	−0.002 −0.005	<0.002(工作区域内)	0.002	< φ0.003(相对双轴承室)	0.0015(相对端面A)	0.02(顶端面相对端面A)			Ry3～5	
磁带运走圆柱体表面轮廓	螺纹节距(t)	0.08	±0.02									不同厂家、不同机型，表面轮廓不一。
磁带运走圆柱体表面轮廓	螺纹深度(h)	0.005	±0.001									
螺旋线	角　度	5°56′7.4″	±2″							0.003		不同厂家，不同机型，根部轮廓不一。
螺旋线 根部轮廓	切高(b)	Max.0.2	±0.01									
螺旋线 根部轮廓	切深(a)	Max.0.02	±0.004									
双轴承室		φ15	+0.001 −0.005	0.0008	0.0012		0.005(相对端面A)				Ra0.2	基　准
安装基准面　A									0.004		Ra0.4	基　准
旋转变压器安装端面　B								0.003(相对端面A)	0.003		Ra1.6～3.2	不同厂家、不同机型，B平面位置不一样。
A-B两端面间的轴向距离		15.1	−0.02									不同厂家，不同机型，距离不同

* 不同厂家、不同机型，其结构差别较大，尺寸形状也不同，表中有些尺寸数据仅供参考。

8.4.2 下磁鼓体

下磁鼓体静止不动，通过转轴和轴承支撑上磁鼓组件旋转。下磁鼓体的圆柱表面在磁带包贴的区域内按 5°56′7.4″的螺旋线切削成上下部分。螺旋导带线起引导和运送磁带的基准导轨作用。为了保证录像机的走带质量，保证视频磁头和螺旋导带线的时空关系，对下磁鼓体走带圆柱体的直径、二轴承室孔径、安装旋转变压器的平面、轴承孔轴向位置等尺寸公差、形位公差和表面粗糙度等都应严格控制。其主要尺寸、尺寸精度、形位公差、表面粗糙度因厂家、机型的不同也不一样，通常的数据列于表 8—2。下磁鼓的示意图见图 8—6。

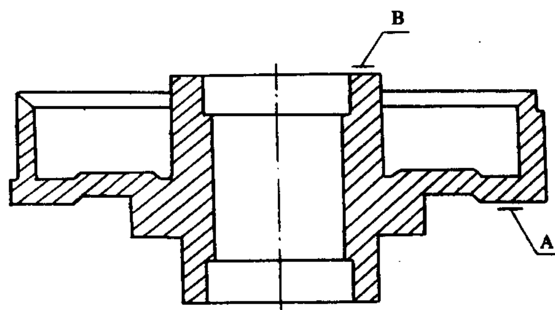


图 8—6 下磁鼓体示意图

8.5 速度与相位检测装置

磁鼓旋转速度的检测，通常采用速度比例频率发生方式，即把旋转速度转换为对应某一频率的电信号。信号频率的变化即代表旋转速度的变化。构成频率发生器的形式很多。第四章图 4—4 示出了早期一种常见的电容变化型频率发生器(FG)。

这种方法的优点是由于速度检出是在整个圆周上进行的，所以不必过分要求定子和转子的加工精度和装配精度。

目前在 VHS 家用录像机磁头鼓组件中所用的 FG 信号发生器，大部分如图 8—7 所示。

其原理是导体切割磁力线产生感应电势。在图 8—7 所示的结构中，FG 磁环同电机外转子的主磁极是合为一体的。在磁环的径向充有电机的主磁极，在磁环的前端轴向充有 FG 信号用磁极。根据伺服电路的不同要求，其磁极对数不等，常用的为 24 个极对。

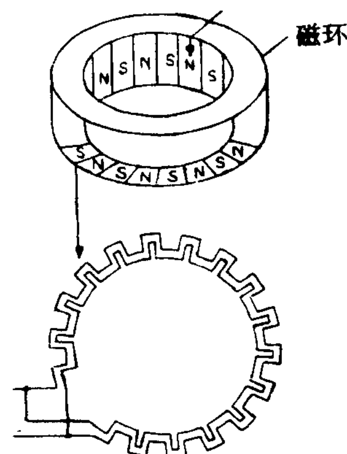


图 8—7 FG 信号发生器示意图

这种方法和结构的优点是 FG 信号发生器的转子部分同电机转子的主磁极是合为一体的，而 FG 信号发生器的定子同电机的电子换向电路板是合为一体的。这就使磁头鼓组件结构简单，便于大批量生产，成本也明显下降。其他同电容变化型频率发生器一样，由于速度检出是在整个圆周上进行，所以同样不必过分要求齿形导线形状的几何精度、FG 磁极的充磁精度和它们的装配精度。

另外也有用磁头鼓电机定子绕组产生的反电势作为电机旋转速度 FG 检测信号的，称之为"BEMF—FG"。这种信号需用取出电路将绕组中的信号取出。FG 信号的精度主要取决于转子磁钢的充磁精度、定子铁芯的分布精度和它们的装配精度。

PG 信号发生器通常采用在无刷直流电机的转子外壳上装一个或二个极性相反的小磁铁。而在无刷直流电机的电子换向电路板上固定有霍尔元件或是电感线圈等磁敏元件。当旋转的

小磁铁经过磁敏元件时，就产生代表视频磁头位置的 PG 信号。该信号被送到伺服电路以控制视频磁头相位。当然还有很多其他形式的 PG 信号发生器。

8.6 旋转变压器

旋转变压器是磁头鼓组件中一个重要部件。旋转变压器由转子和定子二部分组成。转子同上磁鼓组件一同旋转。定子固定在下磁鼓组件上。记录时，旋转变压器将记录放大器输出的记录电流信号耦合到旋转的视频磁头上。重放时旋转变压器把旋转的视频磁头拾取的信号耦合输入到前置(磁头)放大器上。一般旋转变压器分为径向耦合型和轴向耦合型。在 VHS 家用机中较多采用轴向耦合型。它的结构见简图 8—8。在相距很近的二个磁性片(铁氧体片)上压有对应的凹槽，槽中设有平面线圈。磁片材料通常采用 Ni—Zn 铁氧体或 Mn—Zn 铁氧体等。对材料的磁特性如初始磁导率、损失系数，居里点，B_s、B_r、H_c、阻抗和其他物理特性均有一定的要求。除此而外，为了保证在批量生产中便于装配和保证旋转变压器的性能，对它的几何尺寸和位置精度提出了相当严格的要求。如磁片的平面度和平行度均不得大于 5μm，展度公差 20μm 左右。

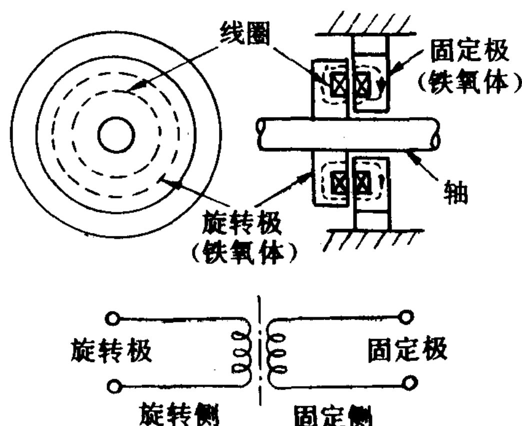


图 8—8 旋转变压器结构简图

为了便于说明，这里重提重放系统基本电路中的磁头放大器。在录像机进行重放时，视频磁头从磁带上拾取的信号是很微弱的，一般为数百 μV 左右，因此要用磁头放大器把微弱的信号放大到数百 mV 才能进行限幅和解调。

磁头放大器的输入端通过旋转变压器和视频磁头直接耦合，是视频放大器中的第一级放大器。在设计时具有一些特殊要求。除噪声系数要小，输入阻抗要高之外，就是输入电容要小。当录像机的磁头磁带系统工作于短的记录波长时，其输出信号幅度随频率升高而迅速下降。因此在家用机中利用磁头电感与放大器输入电容的谐振特性进行幅频特性补偿。

谐振点频率：

$$f_H = 1/2\pi\sqrt{L(C_i+C_s)} \qquad (8—1)$$

式中 C_i 为放大器输入电容；

C_s 为分布电容；

L 为考虑进旋转变压器以后的等效电感。

这里为了提高谐振频率，除了要求放大器输入电容愈小愈好之外，对等效电感也提出了相应的要求。该电感为视频磁头和旋转变压器的等效电感。

另外由于旋转变压器耦合的信号很弱，要求尽量减少旋转变压器的插入损耗，其耦合系数均要求 0.95 以上。通常旋转变压器组合后允许的电感量的变化范围为 10%。一般对旋转变压器的主要要求为单片的电感量、组合后的电感量、耦合系数、插入损失和串扰等。

8.7 磁头鼓电机

目前VHS家用录像机正在向薄形发展，各生产厂家都在尽力使机心变薄。机心的高度主要取决于磁头鼓组件的总高。这就决定了磁头鼓组件的趋势是超薄、轻型、耗电量小。这种发展趋势除了在磁鼓结构上要不断进行改进之外，同时要尽力使鼓电机也向薄型发展。

在VHS家用机中多数机器采用的是径向型、带位置传感器的无刷直流电机。以电机绕组中的反电势作为检测信号的无位置传感器的无刷直流电机，有的机器也已采用。

通常磁鼓电机由内定子铁芯组件和外转子组件组成。一般设有三相和二相绕组。按驱动方式可分为方波驱动和正弦波驱动两种。为满足整机要求，磁鼓电机有其自身的特点：

① 要求薄形、轻量、耗电量小。

② 力矩波动小和转速稳定。

③ 极低的噪音和振动。

④ 附带有性能优良的FG信号发生器和PG信号发生器。

⑤ 依赖于IC和传感元件。

评价一个磁头鼓组件的好坏就是看其转动是否平稳。转速的均匀性除其他要求之外，关键是减少电机的力矩波动。电机的力矩波动主要为电磁力矩波动和齿槽力矩波动。如何降低这二方面的力矩波动是极为重要的。一般从磁路和电路二方面着手。

磁路措施：

① 定子和转子不等极。一般电机的定子和转子都是等极数的。在径向型结构中，定子齿数就是它的极数。这种齿槽引起的磁阻力矩会很大。采用转子磁钢的极数与定子极数不相等，可以方便地在同一平面安置多相绕组。另一方面可以让定子、转子之间的磁阻反应力矩得到很大程度的抵消。

② 设置无效极。这种无效极在产生电磁力矩上无效，而在抵消磁阻反应力矩上则很有效。

③ 开设小槽。在定子极靴表面上开设同绕线槽口差不多等宽的小槽。这些小槽在定子铁心外圆面均匀分布。这些小槽在转子磁场的作用下所形成的磁阻脉动力矩能有效地抵消一部分绕线槽所造成的力矩波动。

④ 设置辅助齿。在定子每二个极之间设置一个窄的辅助齿，这个齿可以减弱磁阻脉动力矩。

⑤ 力求均匀充磁和改善充磁磁场波形。

⑥ 增加定转子极数，增加空气间隙。

电路措施：

① 采用全波桥式通电方式，电机设计时优先选用三相绕组。

② 在绕组上接有可以吸收尖脉冲的电容器，用以降低电流变化速率。

③ 最好使用正弦波驱动。

④ 使用优质的FG反馈，或其他有效的速度负反馈方式。

8.8 磁头鼓组件的振动

评价磁头鼓性能优劣主要是根据旋转速度的变化率。除通过伺服电路对鼓电机进行稳速

之外，结构和装配上的一个重点就是改善磁头鼓组件的振动，从而满足旋转精度和稳速精度的要求。

影响振动特性的主要因素，一是系统本身的动态特性参数如转动惯量、刚度和阻尼，二是系统的工作条件。

前面所谈到那种结构的磁头鼓组件可视为轴承的摩擦力为0，在弹性轴上二端装有圆盘引起二自由度振动的力学模型。见图8—9。

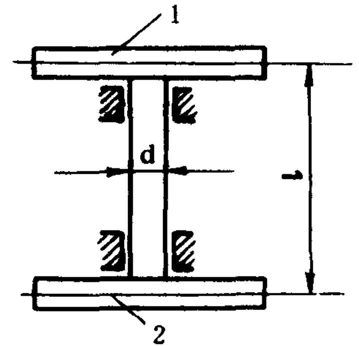


图8—9　磁头鼓组件力学模型

其固有频率为 ω_n(r/s)。

$$W_n=\sqrt{\frac{C(I_1+I_2)}{I_1\cdot I_2}} \qquad (8-2)$$

其中　C——扭转刚度 kgf·cm/rad

I_1、I_2——转动惯量 kgf·cm·s^2

视频磁带包绕在磁鼓体上，磁带给磁鼓体所加的阻力矩为10g·cm左右。这是一个轻载。此时走带对磁鼓所加的干扰主要为视频磁头与磁带1/50s为周期的接触。这是50Hz的强制附加振源。如果这个强制附加振源的高次谐波接近于振动频率，就会使得在振动频率附近的高次谐波分量(其基波为50Hz)的旋转速度变化增大。为此应适当地选择磁鼓的轴，确定好转动件的转动惯量及安装位置、安装方法和轴承的配合等。

磁头鼓本身所产生的干扰和振源主要有以下几方面：

① 由各转动件的不平衡所产生的；

② 轴承本身的；

③ 电机的转矩波动。

磁头鼓组件中所有旋转零部件在加工和装配中必须按一定的平衡精度进行控制，否则磁鼓旋转不平稳，根本无法保证视频磁头的旋转精度。

目前在VHS磁头鼓组件中大部分采用滚珠轴承。相当一部分也采用了可进一步提高动态旋转精度和减轻振动的油膜悬浮轴承。

为了使视频磁头与磁鼓基准面保持一定的高度并使它相对于旋转中心的轴向和径向跳动小，能长时间平稳转动，对轴承的主要要求为：

① 要满足各机器互换性所要求的轴向和径向运动精度；

② 稳定性要好；

③ 寿命要长。

滚珠轴承的振动可分为与轴承弹性有关的振动、与轴承制造有关的振动、由于轴承使用和安装不当引起的振动。

在进行磁头鼓组件设计和生产中对轴承的振动要特别注意。因为这个振动如果在FG的基频附近，由于伺服速度控制回路的反馈作用，会使得旋转速度的变化在低频区域内明显增加。

对于磁头鼓组件，轴承寿命中止的特征是指其引起的振动量和旋转精度超过了某一限度。目前的要求应不低于3000小时。

第九章 高频系统

录像机的高频系统是为便于用户接收、录制广播电视节目而设置的。它与录像机的定时电路相结合，形成了定时录像系统，为用户提供了方便。由于录像机装配了高频系统，所以用户可以在收看一套精彩的广播电视节目的同时，录制另一套的广播电视节目。

录像机的高频系统通常是指电视频道预置、调制与解调电路部分，即一般所说的调谐器、中频单元和 RF(射频)变换器。这些电路有些是与电视机电路类似的，有些则是电视机电路所没有的。下面我们就高频系统的各个电路部分分别作一介绍。

9.1 电子调谐器

9.1.1 调谐器的作用与组成

调谐器在录像机中是接收电视信号的一个关键部件。它的主要作用是将接收到的各频道的电视信号转换成一个固定的全电视中频信号，并在其前端将电视信号放大，同时还负有选择、预置电视频道，抑制来自空间的各种电磁波的干扰作用。

录像机的调谐器都采用电子调谐式的。调谐器的最基本部分是由输入电路、高频放大器、本机振荡器和混频器等电路部分组成，其方框图如图 9—1 所示。

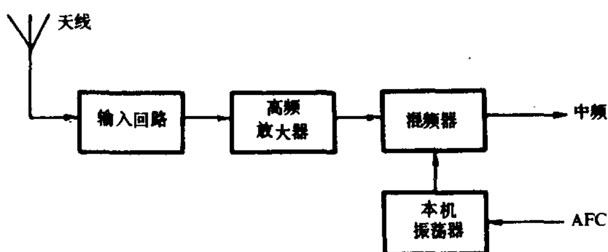


图 9—1 电子调谐器的组成

输入电路是受频道选择控制的，它的作用是从天线输入的全频道电视信号中初步选取所需接收的某一频道信号，该信号由高频放大器放大后馈至混频器。在混频器中，放大后的高频电视信号与本振信号进行差拍，由谐振回路取出固定的全电视中频信号，从而达到将接收到的全电视信号转换成一个固定的全电视中频信号的目的。

9.1.2 电调谐原理

电子调谐器与机械式调谐器相比，从电路组成，工作原理和完成的功能方面基本相同。重大的区别在于电子调谐器是利用开关二极管的导通和截止来变换波段，利用变容二极管进行调谐来选择频道。也就是说，电子调谐器是利用加到变容二极管两端的电压不同，使之得到不同的等效电容量，达到调谐选台的目的。

变容二极管与普通二极管类似，也是由 PN 结构成的，存在结电容。不同的是变容二极管需要在反偏状态下工作，当加在变容二极管上的反偏电压变化时，它的电容量和 Q 值均随之变化，并呈现出比普通二极管大得多的电容变化范围，其特性如图 9—2(a)所示。如果将变容

二极管接入谐振回路或振荡回路，作为可变电容器，就可以实现回路的调谐和改变振荡频率的目的。

电调谐原理电路如图 9—2(b)所示。其中 VD1 为变容二极管，VD2 是开关二极管，R1、R2、R3 为隔离电阻，C1 是隔直流电容，其电容相对来说大得多。变容二极管 VD1 与电感 L1、L2 组成调谐回路。只要改变调谐电压 BT，VD1 的结电容即随之变化，从而改变回路的谐振频率。

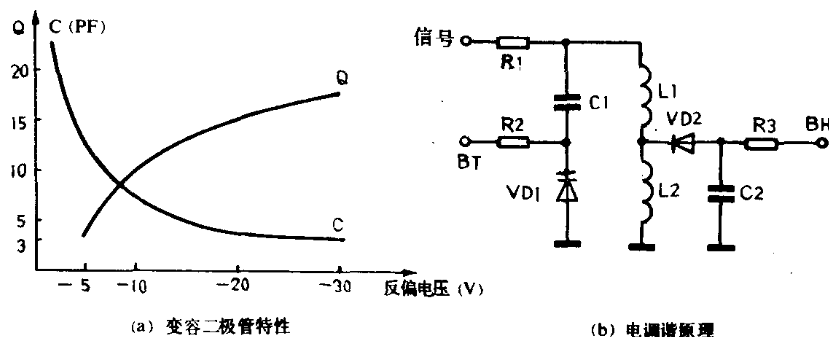


图 9—2　变容二极管特性与电调谐原理电路

从图(a)中可知，当调谐电压 BT 改变时，变容二极管的电容也变化，设 C_{max} 为变容二极管 VD1 的最大电容，C_{min} 为最小电容，C_s 是电路的分布电容，$L=L1+L2$，则调谐回路的最高谐振频率 f_{max} 与最低谐振频率 f_{min} 分别为：

$$f_{max}=\frac{1}{2\pi\sqrt{L(C_{min}+C_s)}} \tag{9—1}$$

$$f_{min}=\frac{1}{2\pi\sqrt{L(C_{max}+C_s)}} \tag{9—2}$$

假定电路分布电容 $C_S=0$，则最大可能的调谐范围，即频率覆盖系数 K_F 和电容变化比 K_C 分别为：

$$K_F=\frac{f_{max}}{f_{min}}=\left(\frac{C_{max}}{C_{min}}\right)^{\frac{1}{2}} \tag{9—3}$$

$$K_C=\frac{C_{max}}{C_{min}}=K_F^2 \tag{9—4}$$

如果不用开关二极管改变回路的电感量，电容变化引起的频率变化范围则应该覆盖整个电视波段。就我国广播电视 VHF 波段而言，有 12 个频道。频率最低的第 1 频道的中心频率是 52.5MHz，最高端第 12 频道的中心频率为 219MHz，所以频率覆盖系数 K_F 和相应的电容变化比 K_C 分别为：

$$K_F=\frac{f_{max}}{f_{min}}=\frac{219}{52.5}\approx 4.2$$

$$K_C=K_F^2\approx 18$$

这就是说当 $K_F=4.2$ 时，最大电容和最小电容之比应达 18 倍。如果考虑分布电容的影响，电容变化比还要更大些。

我们知道，变容二极管电容与控制电压 U 的关系式为：

$$C=\frac{C_O}{\left(1+\frac{U}{\phi}\right)^{\gamma}} \tag{9—5}$$

式中 U 为控制电压，ϕ 是接触电位差，γ 是电容变化指数，C_0 是 $U=0$ 时变容二极管的电容量。如果对应变容二极管最大电容 C_{max} 的电压为 U_{min}，对应 C_{min} 的电压是 U_{max}，于是得到：

$$K_F=\frac{f_{max}}{f_{min}}\approx\left(\frac{U_{max}+\phi}{U_{min}+\phi}\right)^{\frac{\gamma}{2}} \tag{9—6}$$

从(9—6)式中可知，要加大频率调谐范围应加大电容变化指数 γ，提高 U_{max} 和减小 U_{min}。但是 U_{max} 的提高受到反向击穿电压的限制，U_{min} 的减小使得二极管 Q 值下降，并且在目前技术下要求变容二极管结电容的变化做到 $K_C=18$ 这样大是非常困难的。所以通常将 VHF 波段的覆盖分为两段，1～5 频道为 V_L 段，6～12 频道为 V_H 段。这样每段的频率覆盖系数和电容变化比分别为：

$$K_{FL}=\frac{f_{max}}{f_{min}}=\frac{88}{52.5}\approx 1.7$$

$$K_{CL}=K_{FL}^2\approx 2.9$$

$$K_{FH}=\frac{f_{max}}{f_{min}}=\frac{219}{171}\approx 1.3$$

$$K_{CH}=K_{FH}^2\approx 1.7$$

由于频率覆盖系数 $K_{FL}>K_{FH}$，所以要求变容二极管的电容变化比 K_C 满足 2.9，这样再用开关二极管控制电感线圈的变化，即可实现整个 VHF 波段的调谐。这里需要指出的是频率覆盖系数是 f_{max} 与 f_{min} 之比，而不是 f_{max} 与 f_{min} 之差。所以 U 波段虽然第 13 频道的中心频率是 474MHz，第 57 频道的中心频率是 866MHz，它们的频差是 392MHz，但频率覆盖系数却只有 1.83，$K_C=3.35$，所以不用分波段。

图 9—2(b)是用开关二极管转换波段的电调谐电路。为了将 VHF 波段分为两段，要求频道选择控制电压 BH 具有高、低电平两种状态。当 BH 为高电平时，开关二极管 VD2 导通，高频短路电容 C2 被并联在线圈 L2 两端，把 L2 短路。这时调谐回路中的电感量只由线圈 L1 决定，调谐回路工作在 V_H 波段。当 BH 为低电平时，开关二极管 VD2 截止，电容 C2 与线圈 L2 断开，回路电感应为 L1+L2，这时调谐回路工作在 V_L 波段。故采用开关二极管 VD2 可实现 VHF 波段高、低两段的转换，从而解决了调谐回路的频率覆盖范围问题。

9.1.3 电子调谐器电路

图 9—3 示出了电子调谐器的较详细的方框图。从图中可以看出，电子调谐器中有 VHF 和

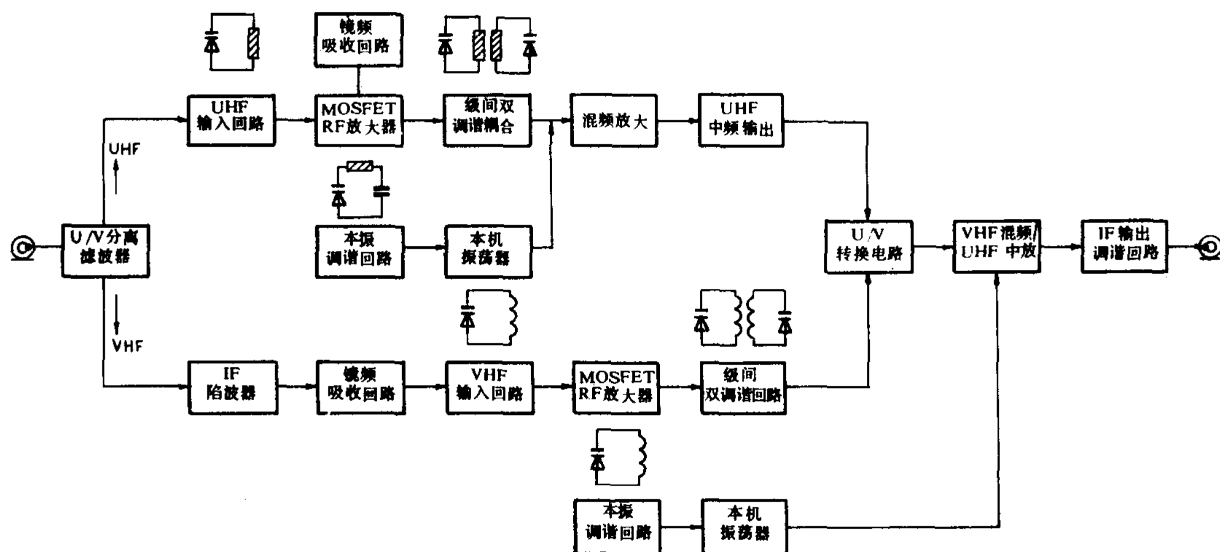


图 9—3　电子调谐器典型方框图

UHF 两个调谐器。这是由于 UHF 调谐器工作频率高，其增益比 VHF 调谐器低。为了在 UHF 波段接收时，调谐器输出不致太低，于是把 VHF 混频器当作一个预放器使用。即由 UHF 调谐器将超高频信号变换为 UIF 中频信号，然后将这一信号输送给 VHF 混频电路去进行中频预放大。这时 VHF 调谐器本振停止工作，只作为图像中频放大器。因此，电子调谐器中都设有 U/V 分离电路，使天线输入的电视信号分离成为 UHF 和 VHF 电视信号，从而保证 U/V 相互干扰抑制比指标和中频输出的增益要求。

U/V 分离电路就是在信号送入 UHF 调谐器一边加高通滤波器，在信号送往 VHF 调谐器一边加低通滤波器。电视信号经过 U/V 分离电路后分别送入 VHF 和 UHF 调谐器。

在 UHF 调谐器中，电视信号通过高通滤波器之后，UHF 波段信号进入输入回路。输入回路一般采用变容二极管调谐的传输线型单调谐回路。信号经过输入回路预选后，送至 RF 放大器。在 RF 放大器中通常设有镜频吸收回路，以保证镜频信号抑制比。RF 放大器采用双栅 MOSFET 放大器，该放大器与晶体管放大器相比具有噪声系数低、增益高、抗干扰能力强的优点。信号经过 RF 放大后进入级间双调谐回路，该回路为级间变容二极管调谐的传输线型双调谐耦合回路，从而进一步保证信号的带宽和选择性。通过级间双调谐回路的信号，再送至混频器与本振信号在混频器中混频。本振信号通常是由变容二极管调谐的晶体管“克拉泼”振荡电路或“西勒”振荡电路产生。它在每一个频道都要保证比选入的全电视信号高出一个中频的频率，而且幅度和频率都要比较稳定。混频器送出差频信号 UIF，即 UHF 波段中频信号，经 U/V 转换电路，信号送入 VHF 的混频电路(此时作为 UHF 中放)。U/V 转换电路一般采用二极管开关电路，该二极管由调谐器波段选择电平控制接通或者断开。当电路工作在 VHF 波段时，二极管截止，UIF 输出与 VHF 混频器断开。当电路工作在 UHF 波段时，二极管导通，UIF 信号进入 VHF 混频电路而被放大输出。UIF 信号经过 VHF 混频器的中频预放大后，其增益和带宽与 VHF 波段的中频信号相接近。

在 VHF 调谐器中，为了保证中频干扰抑制比，调谐器设有中频陷波电路。有的调谐器为了保证镜像干扰抑制比，还设有镜频吸收电路。由于 VHF 波段频率的倍频程大，所以如前所述，VHF 调谐器通常将 VHF 波段电视信号分为 V_L 和 V_H 两段，由开关二极管控制其调谐回路的电感。输入回路一般也采用变容二极管调谐的单调谐回路。VHF 波段电视信号经输入回路选择后，送到 RF 放大器放大。RF 放大器也同样采用双绝缘栅 MOSFET 场效应管放大器。放大后的信号再经过级间变容二极管调谐的双调谐互感耦合回路的进一步选择，使其达到一定的选择性要求后，送入混频器。混频器有二极管混频器、晶体三极管混频器和集成电路混频器等几种形式。集成电路混频器是近年来发展起来的，在新一代的调谐器中应用较广。它是将 VHF 部分的混频、预中放和本振电路集成在一起，使电路元件大为减少，从而简化了调谐器电路。

9.1.4 电子调谐器实际电路分析

图 9—4(a)和图 9—4(b)分别给出了 TERZ1—022A 型电子调谐器和 ET—43C 型电子调谐器的电原理图。由图中可以知晓，这两种电子调谐器均有 7 个控制端子，其工作电压如表 9—1 所示，外皮屏蔽盒接地。在这 7 个端子中，*BL*、*BH* 和 *BU* 分别为 V_L、V_H 与 U 波段的切换控制电压。BT 为调谐电压。AGC 是中频单元馈至的 RF 自动增益控制，AFC 为中频单元返回的自动频率控制。BM 是电子调谐器的供电端子。

1. TERZ1—022A 型电子调谐器

从图 9—4(a)中我们可以看出，TERZ1—022A 型电子调谐器是由 UHF 调谐器和 VHF 调

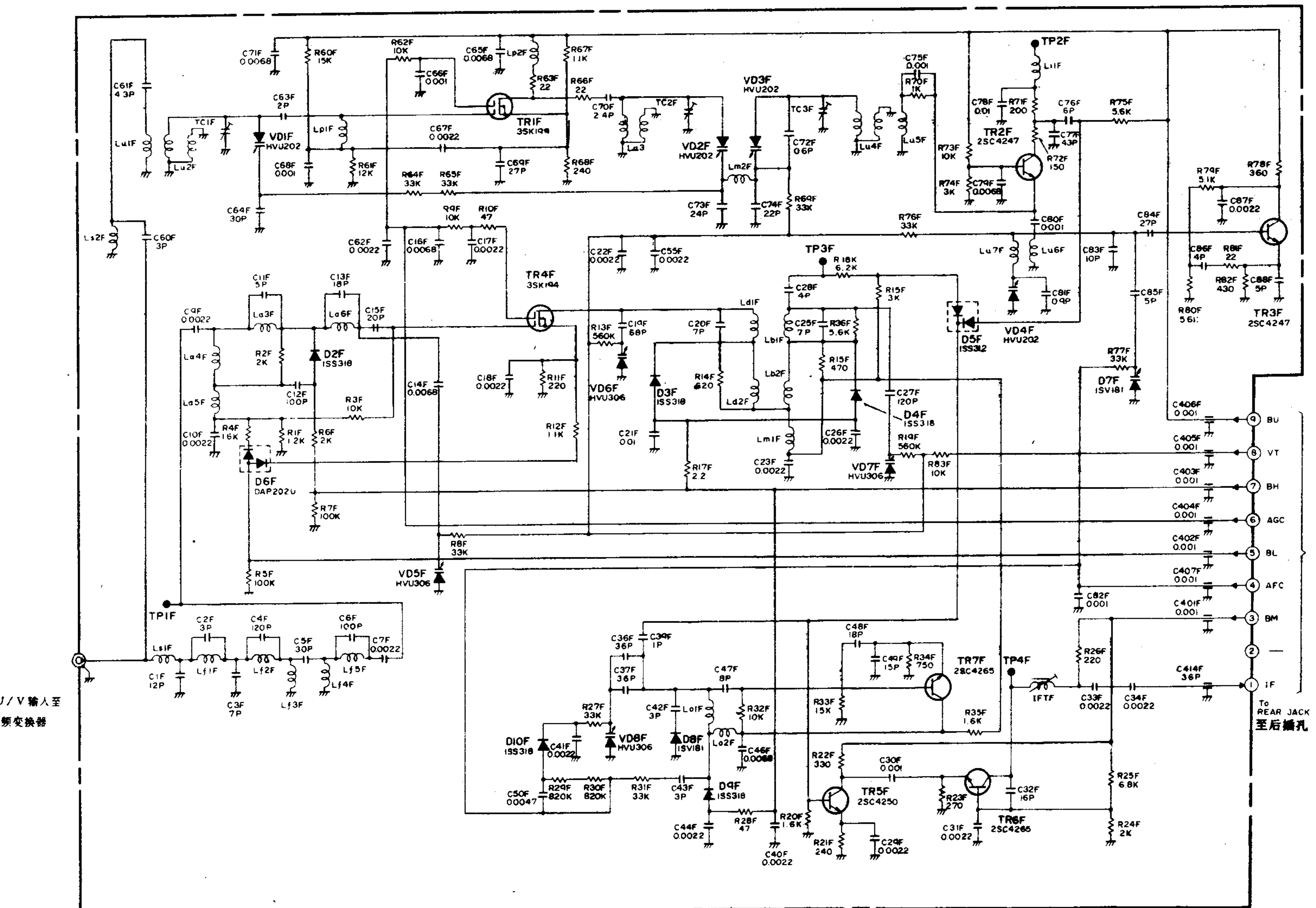
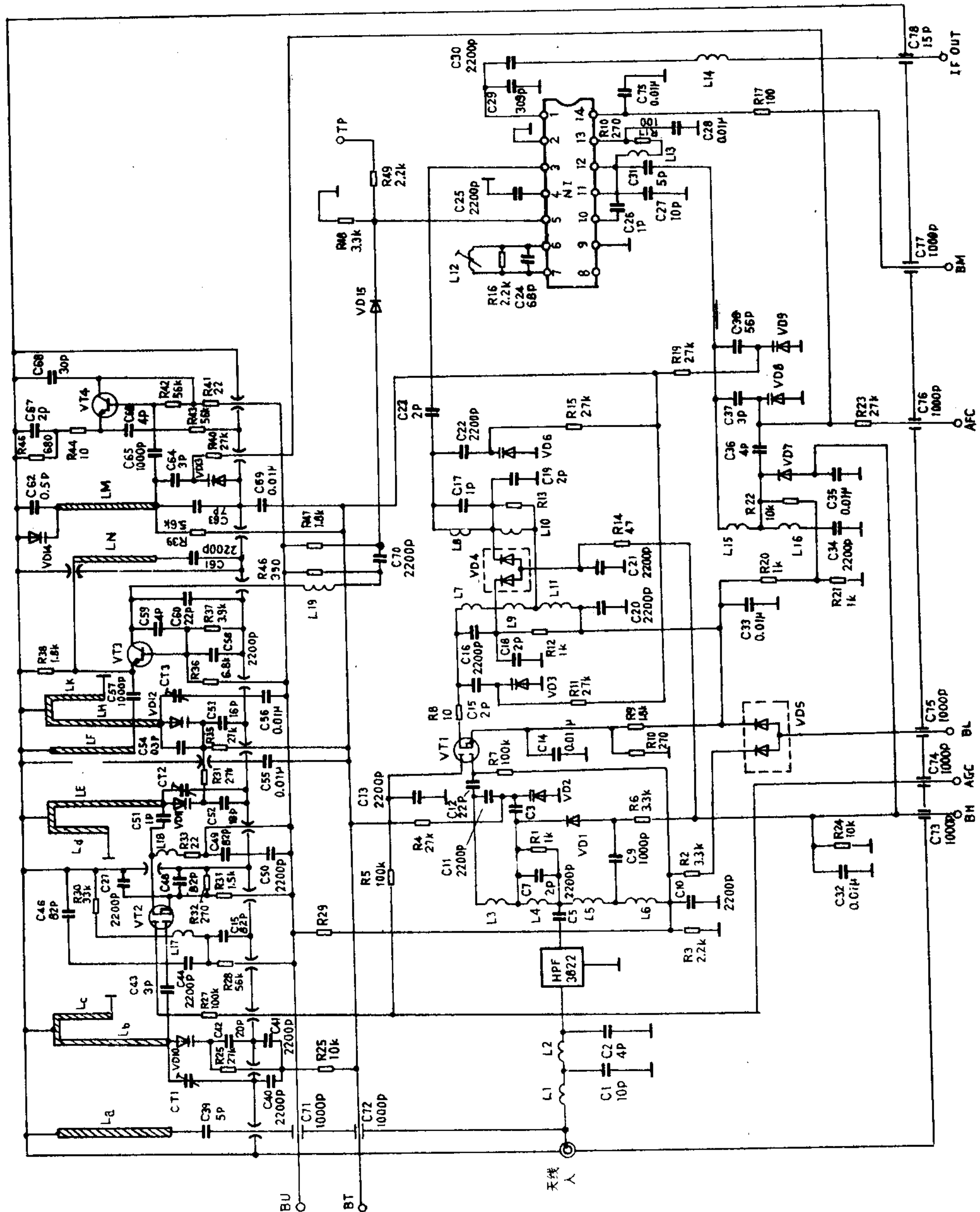


图 9—4(a) TERZ1—022A 型电子调谐器电原理图



(b)

图 9—4(b) ET—43C(ENV—77821F2)型电子调谐器电原理图

表 9—1　　电子调谐器端子状态表

项目＼种类＼波段	ALPS 公司 TERZ1—022A			松下公司 ET—43C		
端子(V)	V_L	V_H	U	V_L	V_H	U
BU	—	—	11.5	—	—	12
BT	1	～	28	0.7	～	28.5
BH	—	11.5	—	—	12	—
AGC	7	7	7	7	7	7
BL	11.5	—	—	12	—	—
AFC	6.5	±4		6.5	±4	
BM	11.5	11.5	11.5	12	12	12

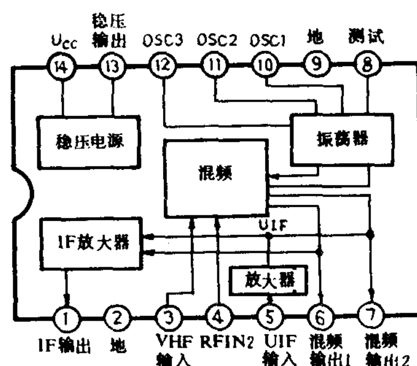


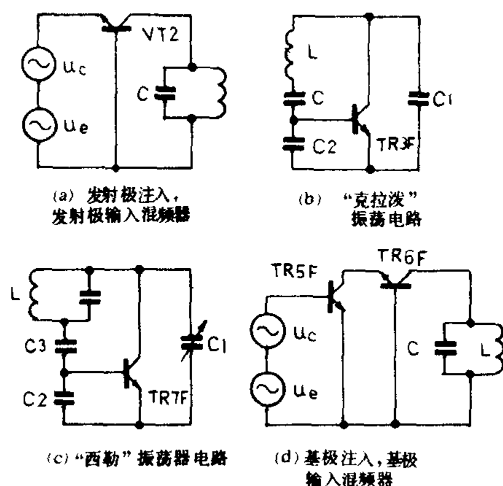
图 9—4(c)　MTO3A—T3IC 内部功能方框图

谐器组成。在输入端采用频率分离滤波器的方法，实现 U/V 同端输入，共用一套天线。同时采用二极管(VO5)作 U/V 切换电路，实现 U/V 共用中频放大电路和中频同端输出。

VHF 调谐器在采用频率分离滤波器的同时，还采用了由中频陷波器和镜频陷波器组成的复合型带通滤波器，来提高中频和镜频的抑制能力。高放采用一级 MOSFET(VT4)放大器，以提高交扰调制抑制比和抗干扰能力，动态范围大，噪声系数低。高低波段的转换，由接在分段式电感上的开关二极管及各段工作电压来实现，未专门设置开关电路。

在 UHF 电子调谐器中，采用了一级 MOSFET(TRIF)放大器，一级共集电极接地的"克拉泼"振荡器(TR3F)，一级共基晶体管混频器(TR2F)和二极管(D5F)U/V 切换电路。输入电路与高放级间耦合回路，采用$<\frac{\lambda}{4}$的谐振线，本振采用长度$<\frac{\lambda}{2}$的谐振线。

UHF 波段电视信号首先通过由 C60F、C61F 和 Ls2F 组成的高通滤波器，再经过由变容二极管 VD1F 与传输线 Lu1F、Lu2F 组成$\frac{\lambda}{4}$终端短路线的输入单调谐回路，选出本地正在播送的电视信号，经 C63F 送到双栅场效应管 TR1F 的第一栅极。中频单元送来的 AGC 电压加在 TR1F 的另一个栅极，进行反向自动增益控制。TR1F 放大后的信号从其漏极输出，给由 Lu3F、Lu4F、TC2F、TC3F 以及变容二极管 VD2F 和 VD3F 等元件组成的传输线型双调谐耦合回路，通过耦合送到混频器 VT2 的发射极。



(a) 发射极注入，发射极输入混频器　(b) "克拉泼"振荡电路　(c) "西勒"振荡器电路　(d) 基极注入，基极输入混频器

图 9—5　电子调谐器常用混频器、振荡器简化电路

混频器是由 TR2F 组成的共基极电路，其简化电路如图 9—5(a)所示。它采用发射极注入方式。TR3F、C88F、C86F、C84F、C83F、C81F 和 Lu7F，以及变容二极管 VD4F 等组成共集电极串联改进型电容反馈三点线路，简化电路如图 9—5(b)所示。可以看出，这是"克拉泼"振荡电路，其振荡频率为：

$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC_\Sigma}} \qquad (9—7)$$

由于(9—7)式中的$C_\Sigma = \frac{1}{C} + \frac{1}{C1} + \frac{1}{C2} \approx \frac{1}{C}$，所以 VD4F 为本振调谐变容二极管器件。调谐电压 BT 通过 VD4 改变振荡频率。由中频单元送来的 AFC 电压，加在 VD7F 上，进行自动频率控制。此外

调谐电压 BT 还改变变容二极管 VD1F、VD2F 和 VD3F 的电容量，从而调整谐振频率，使各调谐回路谐振于 UHF 波段接收频道的中心频率上。

本振信号由耦合环输出，通过 C80F 与选取的 UHF 波段信号一起送入 TR2F 混频管，利用其非线性特性进行混频，然后从其集电极输出，由 Lz1F、C77F 和 C76F 组成的滤波电路选出 UIF 中频信号，经由 BU 电压控制的 D5FU/V 转换开关，送往 VHF 调谐器混频电路 VT5 的基极，进行中频放大。

在 VHF 电子调谐器中，LsIF 和 C1F 组成低通滤波器，将 VHF 波段信号分离出来。Lf1F～Lf5F 和 C2F～C7F 组成中频陷波电路与镜频吸收回路，将有害的中频干扰抑制掉，只允许 45～290MHz 信号通过，从而减小干扰和本振泄漏。

为了获得良好的选择性，输入回路采用插入损耗小的单调谐电感分段电容分压式的输入回路。它由开关二极管 D2F、变容二极管 VD5F、电感 La3F～La6F、C11F、C13F 以及高放管 TR4F 的输入电容 C15F 等组成。当 BH 为高电平时，开关二极管 D2F 导通，La4F 被短路，回路因电感减小而工作在 V_H 波段。这时若调整 BT 电压，VD5F 的结电容就会变化，使回路谐振频率改变，于是就达到选择频道的目的。当 BH 为低电平时，开关二极管 D2F 截止，回路电感增加，这时调节 BT 电压，回路就可以选择接收 V_L 波段中的任意频道电视节目。高放级电路是一级矩形系数好的双调谐高频放大器。为了获得高增益、低噪声、抗干扰调制能力和自动增益能力，采用了具有反向 AGC 特性的双栅场效应管。AGC 电压加至 VT4 的第二栅极，实现反向 AGC 控制。

双调谐输出回路由 Ld1F、Ld2F、Lb1F、Lb2F、Lm1F、C19F、C20F、C25F、C27F 和变容二极管 VD6F、VD7F 等构成。其中 Ld1F、Lb1F 为 V_H 波段调整元件，Ld2F、Lb2F 为 V_L 波段调整元件，通过两只开关二极管 D3F 和 D4F 进行波段切换和频率选择。变容二极管 VD6F 和 VD7F 为输出回路调谐器件，与 VD5F 一样由 BT 电压控制，可使高频放大器 VT4 工作在 VHF 波段内任一频道上。

本振电路是由 TR7F、C45F～C49F、C36F、C37F、VD8F、Lo1F 和 Lo2F 等组成的。开关二极管 VD9 在 BH 为高电平时把 Lo2 短路，使工作于 V_H 段。它采用集电极并联改进型电容反馈三点线路，简化电路如图 9—5(c)所示。可以看出这是“西勒”振荡电路，其振荡频率符合(9—7)式，也为：

$$f_0=\frac{1}{2\pi\sqrt{LC_\Sigma}}$$

由于式中 $C_\Sigma=\dfrac{1}{\dfrac{1}{C1}+\dfrac{1}{C2}+\dfrac{1}{C3}}+C\approx C+C3$。由于 C 为 VD8F 的结电容，所以改变变容二极管 VD8F 上的偏压 BT，可调节振荡频率，且始终比图像载频 f_p 高出 38MHz，比伴音载频 f_s 高出 31.5MHz。Lo2F 为 V_L 波段频率覆盖的调整元件，Lo1F 为 V_H 波段频率覆盖调整元件，它们和开关二极管 D9F 组成电感分段式波段切换电路，通过 D9F 来控制 Lo2F 接入与否，从而改变波段。由中频单元送来的 AFC 电压，馈至二极管 D8F 的负极，用以稳定振荡频率。

VHF 波段的电视信号经过单调谐输入回路选入和双栅 MOSFET 放大器 TR4F 放大及双调谐回路的进一步选出后，送入混频器 VT5 的基极，并与由 C39F 注入 TR5F 基极的本振信号进行混频，变成中频信号。混频器由接成共发射极电路的 TR5F 与共基极电路的 TR6F 级联而成，简化电路如图 9—5(d)所示。它采用基极注入本振方式，可以在低电平本振信号注入时也获得高的混频增益，并具有对本振频率牵引小的优点。当电路工作在 UHF 波段时，TR5F 和 TR6F

作为 UIF 的前置中频放大器。由 UHF 调谐器产生的 UIF 信号经过 U/V 转换开关管 D5F,送入混频器 VT5 的基极,进行预中放,以提高 UIF 的增益,减少两个波段的增益差。这时由于其本振管 VT7 失去工作电压而停止振荡。最后无论是 UIF 信号,还是 VIF 信号,均通过 IFTF 和 C32F 等组成的带宽为 6.5MHz 的回路选出 31.5～38MHz 的中频全电视信号 IF,由 IF 端子输出。

2. ET—43C 型电子调谐器

图 9—4(b)是 ET—43C 型电子调谐器电原理图。从图中可以看出,虽然它也是由 UHF 调谐器和 VHF 调谐器组成,但它与上述的调谐器不同。它在 VHF 调谐器中,采用了集成电路混频器。VHF 调谐器的混频、本振和中放,以及 UIF 的预中放均由集成电路来完成,从而简化了电路,提高了可靠性和一致性。在 UHF 电子调谐器中,采用了一级高放(VT2),晶体管混频(VT3),一级"克拉泼"本机振荡电路(VT4)和二极管 U/V 切换电路(VD15)。输入电路和高放级间耦合回路采用了分布参量的谐振线。La～LM 是 10 段高频传输线,它们和其它元件以及分布电容构成了输入回路、高放双调谐回路和本振回路。根据传输线理论,一段长度小于$\frac{\lambda}{4}$(波长)的终端短路线,或长度大于$\frac{\lambda}{4}$,小于$\frac{\lambda}{2}$的终端开路线,其输入阻抗均呈现感性。它不但损耗小,而且传输效率高。同时在高放输入端还专门设置镜频吸收回路,以提高镜频抑制能力。

UHF 波段电视信号,经 L_a 电磁耦合到 UHF 调谐器的输入腔,由谐振线 L_b、变容二极管 VD10、电容 C42、CT1 等,以及分布电容组成的输入回路选频后,经 C43 送到由双栅场效应管 VT2 组成的高放级的第 1 栅。由中频单元送来的 AGC 电压,加在 VT2 的另一个栅极,进行反向自动增益控制。放大后的信号从 VT2 的漏极输出。VT2 的负载是由谐振线 L_d、L_E、L_H、L_K 和 CT2、CT3 以及变容二极管 VD11、VD12 等元件组成的双调谐耦合回路。经过放大、选择后的 UHF 波段电视信号,通过混频腔内的耦合环 L_F 耦合,经 C57 注入混频器 VT3 的发射极。VT4、C62、C63、C66～C68、L_M,以及变容二极管 VD14 等组成串联改进型电容反馈三点线路,即"克拉泼"振荡电路,变容二极管 VD14 用来调节振荡频率。由中频单元送来的 AFC 电压,加在 VD13 上,进行自动频率控制。本振信号通过振荡腔内的 L_M 和 L_N,与选取的 UHF 波段信号同时送往混频器。VT3、C57～C59、L_F 等组成 UIF 中频共基混频电路,采用发射极注入方式,利用 VT3 发射结的非线性进行混频,从集电极输出,由 L19、C60、C70 变频输出回路将载频信号及组合频率滤除,选出 UIF 中频信号,经 VD15U/V 转换开关,送往 VHF 调谐器 N1 的⑤脚,进行中频放大。

在 VHF 电子调谐器中,L1、L2、C1 和 C2 组成输入端的频率分离低通滤波器。同时还采用 HPF3822 固定中频陷波器,与镜频陷波器一起形成复合型带通滤波器,抑制中频和镜频等干扰信号。输入回路由开关二极管 VD1、变容二极管 VD2、电感 L3～L6、电容 C3、C7 和 C12 等组成的电感分段电容分压式单调谐电路。其中 L4、VD1 等为波段切换元件。输入回路选出的 VHF 全电视信号,由 C12 送到高放级 VT1 的第 1 栅极。高放极电路是一级双调谐回路的高频放大器。AGC 电压加至 VT1 的另一个栅极,实现反向 AGC 控制。在高放输出端,采用了由 L7～L10、C16～C19 等组成的矩形系数好的电感分段式双调谐回路,并用一组(两个)开关二极管 VD4、两只变容二极管 VD3、VD6 进行波段的切换和频道调谐。当 BH 为高电平时,VD1、VD4 导通,L4、L5、L9 和 L10 被短路,回路因电感减小而工作在 V_H 波段。这时在调谐电压 BT 的作用下,VD2、VD3 和 VD6 的结电容发生变化,使回路电容值改变,高频放大器 VT1 可工作在 6～12 频道内任一频道上。当 BH 为低电平时,VD5 导通,VD1、VD4 截止,回路电感增加,电路工作在低

频段。这时调节 BT 电压，回路就可以选择接收 V_L 波段中的电视信号。

VHF 调谐器本振级、预中放和 VHF 混频由集成电路 N1 来完成。N1 的原理方框图如图 9—4(c)所示。本振信号直接在 N1 内与高频全电视信号混频，变成中频全电视信号，再经 N1 内的预中放后，由 N1 的①脚输出。N1 的⑥和⑦脚外接 L12、R16 和 C24 组成的中频选预网络。N1 的⑫和⑪脚外接由 L15、L16、C38、C31、C27 和 VD9 组成的本振谐振回路。开关二极管 VD7 用来控制 L16 接入与否，从而改变波段。变容二极管 VD9 可以调节振荡频率。由中频单元送来的 AFC 电压，馈至变容二极管 VD8 的负极，稳定振荡频率，使调谐器保持稳定的 38MHz 中频信号输出。VHF 波段的电视信号经 VT1 放大和级间双调谐回路的进一步选择后，送入集成电路 N1 的③脚，与本振信号进行混频。由 UHF 调谐器产生的 UIF 信号，经过 U/V 转换开关管 VD15，送入集成电路 N1 的⑤脚，进行预中放。最后无论 UIF 还是 VIF 信号，均通过 L14、C29 组成的中频选频回路，提取中频信号馈至中频单元。

9.2 中频单元电路

9.2.1 中频单元电路的组成和工作原理

录像机的中频单元电路从原理上讲与彩色电视机的中频通道别无它样。不过录像机中电视信号解调后的视频、音频信号是供在磁带上记录用的，所以录像机中频单元送出的视频、音频信号指标，应符合录像机的有关要求。就是说，视频信号输出幅度为 $1V_{p-p}$，无需过冲，行同步与最高亮度电平之比满足 3∶7 的比例关系，色同步幅度为 $0.25\pm0.05V_{p-p}$，音频信号输出幅度为 -15 ± 1dBm。所以录像机中频单元设有视频处理电路，用以补偿色度电平，改变信号极性。同时为了不干扰线路音频信号输入或输出，录像机中频单元电路还设有音频静噪电路。中频单元电路方框图如图 9—6 所示。

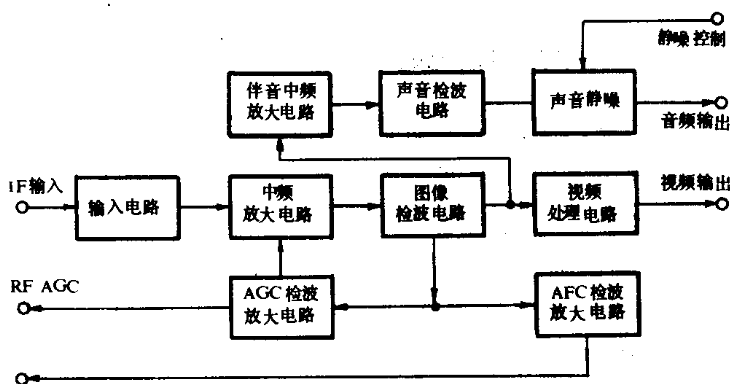


图 9—6 中频单元电路方框图

录像机的中频单元电路通常是由输入电路、中频放大电路、图像检波电路、视频处理电路、伴音电路、AGC 电路、AFC 电路和音频静噪电路等组成。其中中频放大器、图像检波器、伴音电路、AGC 电路、AFC 电路等多是由一块集成电路来完成的。

电子调谐器送来的中频信号，首先送入输入电路的前置放大器，经放大后进入输入电路的中频滤波器。中频滤波器普遍采用声表面波滤波器。中频通道的频率特性基本上由它决定。经过滤波后的中频信号双端馈入中频放大电路，由二至三级具有 AGC 特性的直接耦合差分放大器放大后，送到图像检波电路。

中频全电视信号分两路进入检波电路，一路经载波放大器限幅放大后，将调幅信号变成等幅信号，然后进入检波电路，做为检波电路的开关信号。另一路直接进入检波电路，两路信号相乘后便可取得合成图像信号，即视频信号和伴音中频信号。与此同时，中频限幅放大器输出的

图像中频载波信号和经 90°移相的中频载波信号一起送进由双差分电路组成的鉴相器中进行鉴相。直流误差电压经直流放大器放大后输出，即 AFC 信号。合成图像信号经视频放大器放大，并抑制脉冲干扰后，从图像检波电路输出。

输出后的合成图像信号共分两路：一路信号经过 6.5MHz 陷波器，滤除 6.5MHz 伴音中频信号，进入视频信号处理电路。视频信号处理电路通常是由 LC 网络构成的补偿回路和射极跟随器组成。由于中频声表面波滤波器的带通特性和为了防止色度信号对亮度信号的串扰，经解调后的视频信号彩色电平略低。所以在滤除伴音中频信号后对色度信号进行补偿，并通过射随器使其可以与录像机的线路输入接口衔接。另一路合成图像信号经过 6.5MHz 带通滤波器，滤除图像信号等不要的信号，只取出 6.5MHz 伴音中频信号。伴音中频信号再馈入音频放大电路，经二至三级直接耦合的差分放大器放大后，送至差分峰值鉴频器鉴频。鉴频器用 LC 组成的选通网络将调频信号转换成调频调幅信号。此信号的调幅部分反映了调制音频信号的变化规律，因而用峰值检波器就可检出此音频信号。由鉴频器取出的音频信号送入音量控制电路，然后经音频放大器放大，由射随器送往音频静噪开关后输出。

上述接收、解调电视信号的过程是在录像机的 TUNER 状态(即调谐器工作状态)下进行的。当录像机线路输入或放像时，控制电路将切断中频与视频的通道，从而消除中频通道对线路输入信号或放像信号的干扰。

综上所述，中频单元电路具有信号放大、视频、音频检波、杂波抑制、色度补偿、音频静噪、中频 AGC 控制、产生 RF、AGC 电压以及 AFC 电压等功能。并由声表面波滤波器保证中频电路的幅频特性、带宽和选择性要求。

9.2.2 中频输入电路

中频输入电路是由前置中频放大器和声表面波滤波器组成，如图 9—7 所示。

中频声表面波滤波器的引用摆脱了过去中频电路结构复杂、调试困难的状况，使中频单元幅频特性无需调整。既简化了电路，减少了元件，又因为它具有良好的相频特性而提高了图像质量。

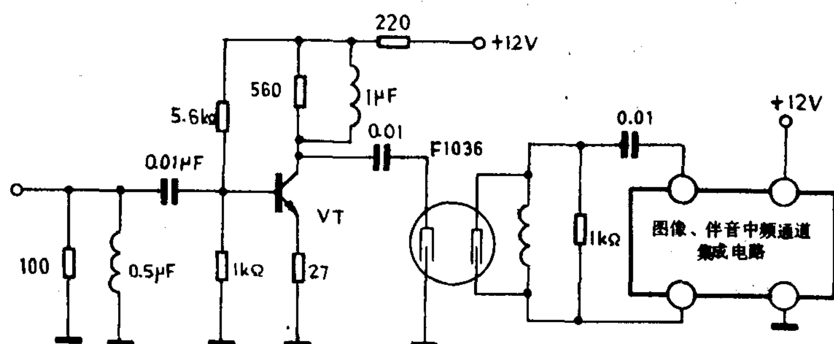


图 9—7 中频输入电路

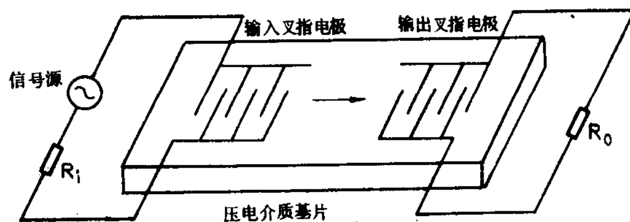
声表面波滤波器是根据脉冲响应 h(t)和频率响应 H(ω)的傅里叶变换关系，利用晶体的压电效应和表面波传播的物理特性而制成的一种新型微声器件，原理结构如图 9—8(a)所示。

声表面波滤波器是用压电材料为基片，表面蒸镀上两组叉指状电极构成的。通常把一个换能器做成均匀叉指，而把另一个换能器做成加权叉指，使它的孔径、周期按一定的规律变化。当交变信号通过电极加到输入叉指换能器时，由于压电效应，电极之间的基片材料就会发生变形。输入叉指换能器的信号响应波形 $h_1(t)$就是输入叉指换能器的包络形状，即空间的像。这种

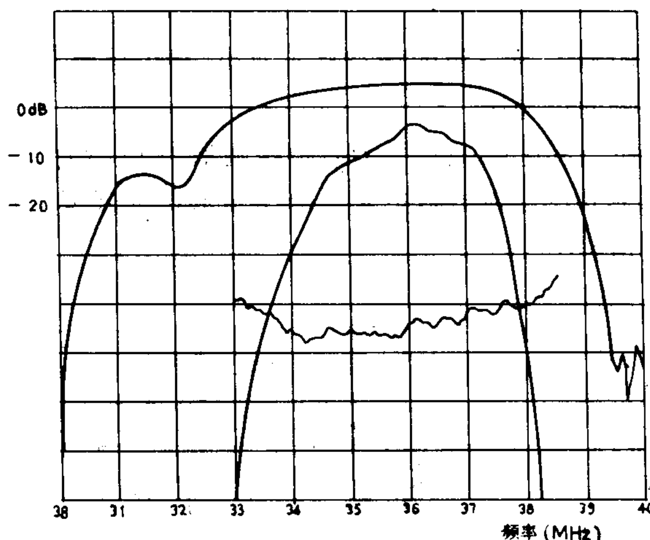
随信号变化的弹性变形沿介质表面向两个方向传播，形成声表面波。其中一个方向的表面波沿基片表面传至输出叉指换能器，声信号被恢复成电信号输出，其频率响应为 $H_2(\omega)$。另一个方向的表面波则被吸收材料所吸收。由于叉指换能器的结构是根据所要求的频率响应 $H(\omega)$ 和傅里叶变换关系，求出相应的脉冲响应 $h(t)$ 而确定的，其中：

$$\begin{cases} H(\omega) = \int_{-\infty}^{+\infty} h(t)\exp(-j\omega t)dt \\ h(t) = \frac{1}{2\pi}\int_{-\infty}^{+\infty} H(\omega)\exp(j\omega t)d\omega \end{cases} \tag{9—8}$$

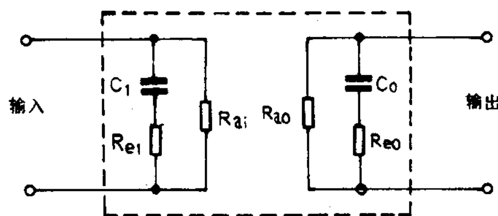
所以晶体材料和版图形式的不同，其频率、转换特性也不同，叉指换能器在完成电—声、声—电能量的转换过程中，对不同的频率所呈现的衰减特性也是不一样的，从而对频率具有一定的选择性。因此，改变叉指换能器结构，如电极宽度、叉指间距、叉指重叠长度等，就能得到不同的频带特性。换句话说，选择适当的叉指包络形状，可得到所要求的中频幅频特性。



(a) 声表面波滤波器原理结构



(b) 中频滤波器频率特性



(c) 中频表面波滤波器等效电路

图 9—8 声表面波滤波器

我国采用 PAL—D 电视制式，图像中频信号的中心频率为 38MHz，伴音中频信号的中心频率是 31.5MHz。为了避免伴音信号进入图像产生串扰，电视中频声表面波滤波器频响特性采用了非对称带通滤波特性，如图 9—8(b)所示，并在 30MHz 和 39.5MHz 处设立了两个抑除工作点。

由于声表面波滤波器约有 25dB 左右的插入损耗。为了补偿这一损失，在滤波器前设置了前置中放级。通常调谐器中频输出幅度约为 90dBμV，而其后集成电路最佳输入电平约为 80dBμV。所以前置中放的电压增益可设计为 15dB 左右，集电极工作电流取 10～15mA。

声表面波滤波器的声电转换作用，在电路中势必呈现出一定的阻抗值。一个声表面波电视中频滤波器的等效电路如图 9—8(c)所示。在声表面波滤波器的输入端和输出端都有分布电容，这将会增加声表面波滤波器的插入损耗和引起三次回波反射。为了抵消这些电容的影响，故常在滤波器的输入端和输出端并接电感。如果在中心频率将电感调至谐振，则效果最好。此外，为了使调谐器与中频通道的集成电路都处在最佳匹配工作状态，使中频信号损耗、反射最小，还应使声表面波滤波器的输入端与前置中放级的输出端，以及声表面波滤波器的输出端与

中频通道的集成电路输入端的阻抗尽量匹配。另外，在前置中放级输出端，因并联的前置中放级的阻抗低，所加电感的有载 Q 值较低，所以可选取适当的固定电感而不必调谐。而在声表面波滤波器的输出端则应接数值适当的可变电感。

9.2.3 中频放大器和图像检波电路

图像中频放大器是一个高增益宽带放大器，它是由二至三级直接耦合的差分放大器组成，级间没有外接元件，不必调整。各级中放的结构相似。在采用视频同步检波的集成电路中，图像中频放大器增益应大于 44dB。除增益要求外，还应有良好的增益控制特性，增益控制范围大于 40dB，而且在进行中放 AGC 控制时，不影响图像中频电路的频率响应和群延迟特性，以减小图像失真。

自动增益控制分三级逐级延迟，即信号增强时，第三级的增益首先减小，其次是第二级中放，最后是第一级中放，这样可提高中频放大器的信噪比。

图 9—9 所示是一种第一中放的电原理图。图中 VT1、VT3 为射极跟随器，VT2、VT4 组成差分放大器，二极管 VD1、VD2 实际上是电路芯片中沿着电阻条 R12、R13 分布的无限多个寄生晶体管的发射结二极管，起增益控制作用。增益控制采用发射极负反馈形式。晶体管 VT5 用来控制通过 VD1、VD2 中的电流，从而改变 VT2、VT4 的发射极阻抗。当接收到的电视信号较弱时，中频放大器的末级起控，自动增益控制电压 U_{AGC}很大，VT5 饱和，其集电极电流和二极管 VD1、VD2 中的电流为最大。VD1、VD2 的阻抗减小，这就使差分放大器 VT2、VT4 射级等效电阻最小，故负反馈量最小，从而导致中放增益最高，当接收的电视信号增强时，中频放大器起控，U_{AGC}下降，VT5 退出饱和状态，其集电极电流及 VD1、VD2 中的电流减小，从而使差分放大器发射级等效电阻增大，中放增益下降。当 U_{AGC}下降到使 VT5 近乎截止时，VD1、VD2 也趋向截止，阻抗增大，此时中放增益最低。

图 9—9 第一中放电原理图

从图 9—9 可见，VT1、VT2 的工作电流将随 U_{AGC}变化而变化。这意味着差分放大器输入阻抗变化。为了不影响图像中频电路的幅频特性，故每一级中放前面都接着跟随器，起到隔离缓冲作用。由于直流耦合的放大器易产生直流电位的漂移，以致影响视频输出的直流电平，即会导至图像的亮度漂移。为了避免这种现象发生，在中放电路中加有很强的直流负反馈，使中放输出端的直流工作点非常稳定，不会影响视频检波器的工作电平。

经放大的中频信号在集成电路内部送至同步检波电路检波。同步检波采用双差分电路，利用乘法特性，可以完成对图像中频信号的同步检波作用。同步检波和包络检波的最大区别是同步检波在接收端必须有一个本地载波信号。本地载波信号与接收到的已调频波信号相乘，可以产生调制信号频率分量和其它谐波组合频率分量，经低通滤波器以后，就可以滤除其它频率成分，取出调制信号。图 9—10 是同步检波电路的电原理图。

来自中频放大器的图像中频信号，一路直接加到双差分放大器的 VT5、VT6 的基极，假定

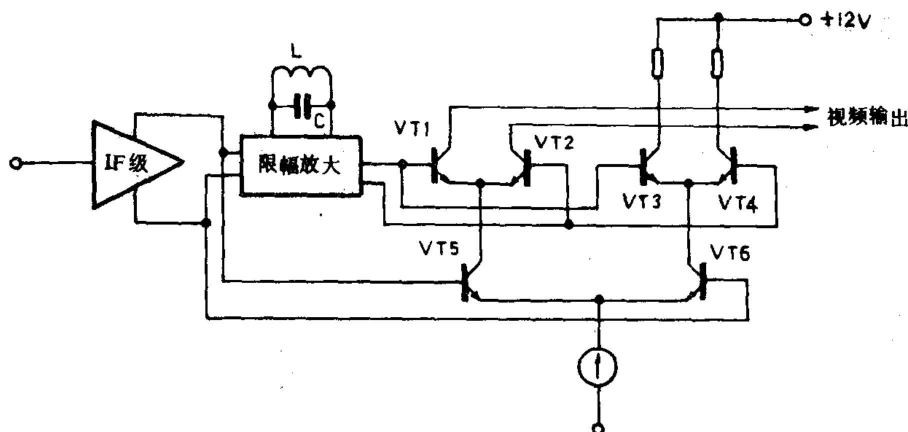


图 9—10 同步检波器电原理图

已调波是抑制载波信号，即：

$$U_1 = \cos\omega_m t \cdot \cos\omega_c t \quad (9-9)$$

而另一路经限幅放大，并由外围 38MHzLC 调谐回路选出中频载波信号，做为本地载波信号，其表示式为：

$$U_c = \cos(\omega_c t + \phi) \quad (9-10)$$

此信号加到双差分放大器 $VT_1 \sim VT_4$ 的基极，使它们工作在开关状态。这里 ϕ 表示接收信号载波与本地信号载波的相位差。为讨论方便，我们取乘法器的传输系数等于 1，这样在双差分放大器的集电极，就可获得复合视频信号：

$$\begin{aligned} U_2 &= (\cos\omega_m t \cdot \cos\omega_c t) \cdot \cos(\omega_c t + \phi) \\ &= \frac{1}{2}\cos\omega_m t[\cos(2\omega_c t + \phi) + \cos\phi] \\ &= \frac{1}{2}\cos\phi \cdot \cos\omega_m t + \frac{1}{4}\cos[(2\omega_c + \omega_m) \cdot t + \phi] \\ &\quad + \frac{1}{4}\cos[(2\omega_c - \omega_m) \cdot t + \phi] \end{aligned}$$

低通滤波器由双差分电路负载电阻和集电极对地寄生电容组成，用以滤除 $2\omega_c$ 附近的频率分量，从而得到频率为 ω_m 的视频图像信号：

$$U_2 = \frac{1}{2}\cos\Phi \cdot \cos\omega_m t \quad (9-11)$$

上式(9—11)中无载波分量 ω_c，这样就消除了检波级的辐射对中频放大器造成的寄生反馈，提高了中频通道的稳定性。

视频信号输出幅度与系数 $\cos\phi$ 成正比。当 $\phi=0$ 时，解调所得到的视频信号幅度最大。随着相移 ϕ 加大，输出信号减弱。因此，理想的同步检波器应使本地载波与接收信号载波相位相同。同步检波级的增益约为 20dB，它有以下优点：

① 可以作低电平检波。当输入信号达到 $50mV_{p-p}$时，就可以进行直线性检波。而普通二极管检波需要 $1V_{p-p}$，因而采用同步检波可降低对图像中放增益的要求，从而提高中频通道的稳定性。

② 由于同步检波的线性好，大大削弱了色副载波与伴音载波之间的差频信号及调制信号的二倍频成分。

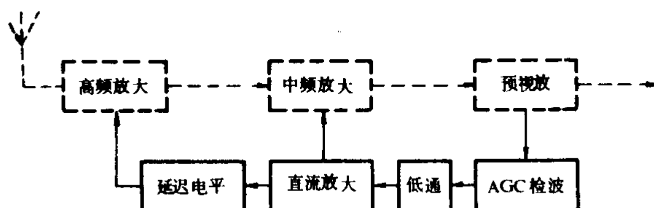
③ 同步检波具有全波整流的特点，检波效率高。

9.2.4 AGC 电路和 AFC 电路

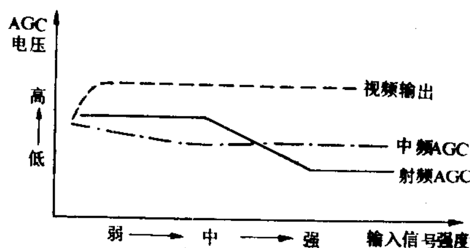
1. AGC 电路

为了在信号强弱不断变化的情况下，仍能获得稳定良好的图像，在录像机的高频系统中设有自动增益控制电路，即 AGC 电路。AGC 电路通常是由 AGC 检波电路、低通滤波器和直流放大器组成，如图 9—11(*a*)所示。

由图 9—11(*a*)可以看出，AGC 电路是一个负反馈闭环系统。它的工作过程是：由天线接收的电视信号经高频放大、变频后，再中频放大、解调，由预视放器输出合成图像信号。AGC 电路对其进行检波，经低通滤波器平滑和直流放大器放大后，产生直流控制电压，反馈回到中频、高频放大器，对它们的增益进行控制。高频放大器的自动增益控制是延迟式的。它是在中频放大器的增益被控制到一定程度时，由电平延迟的 AGC 电压对其起控。此时中频 AGC 电压就维持不变了。中频 AGC 和 RF AGC 的控制特性如图 9—11(*b*)所示。



(a) AGC 控制原理



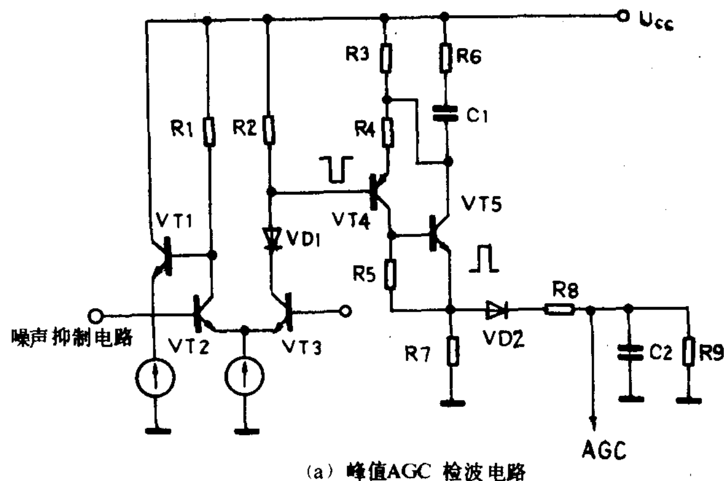
(b) AGC 控制特性图

图 9—11 AGC 控制原理与特性

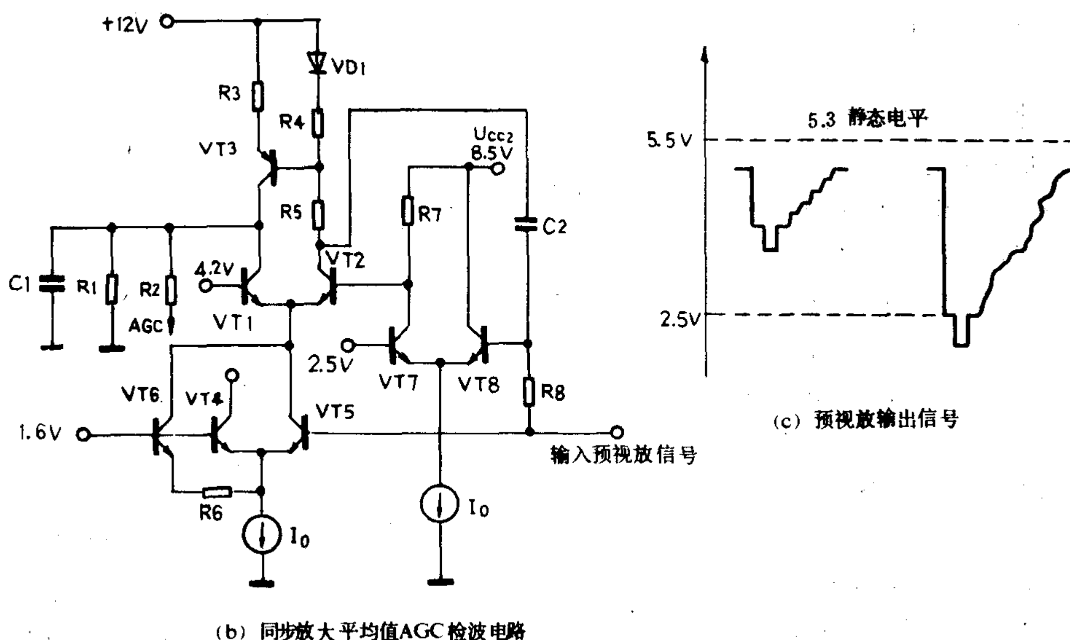
录像机高频系统中的 AGC 电路通常有键控式 AGC 电路、峰值式 AGC 电路、同步放大平均值式 AGC 电路等几种形式。虽然 AGC 控制电压产生的方法有所不同，但是归纳起来，它的主要作用有两点：第一，产生一个随输入电平而变化的直流控制电压，即 AGC 电压；第二，利用 AGC 电压去控制某些部件，即高放和中放的增益，使系统输出电平基本上保持不变。

图 9—12(*a*)是一种峰值 AGC 检波电路。我们知道全电视信号的峰值部分是行同步脉冲，而它的电平是不随图像内容而变的。峰值 AGC 电路正是充分利用电视信号的这一特征。因而它所产生的控制电压 U_{AGC} 与图像内容无关，不随图像内容变化而变化。而且 U_{AGC} 差不多等于电视信号的最大振幅，因此它具有较好的抗干扰能力。幅度小于同步信号的干扰，对于峰值 AGC 电路的工作没有影响。所以利用行同步检波后直流电压 U_{AGC} 作为 AGC 控制电压，可以克服平均值型 AGC 电路控制电压 U_{AGC} 随图像内容而变化的缺点。当输入信号通过噪声抑制电路送到 VT2 的基极，由 VT2、VT3 和 VD1 组成的同步分离电路，取出信号的同步头送到 VT4 的基极。再由 VT4 反相，经 VT5 射随器后加到 VD2 的正极，使二极管 VD2 导通，电容器 C2 被充电。通常二极管的内阻 R_d 为几百欧，若 C2＝200pF，则充电时间常数 $\tau=R_d\cdot C2\approx0.02\sim0.05\mu s$。它的行同步脉冲宽度 5μs 要小得多。所以在行同步脉冲期间电容器 C2 能够充电到峰值电平。

在同步脉冲终结后，二极管 VD2 截止，电容 C2 通过电阻 R9 放电。电阻 R9 一般很大，若 R9＝1MΩ，则放电时间常数 $\tau=R9\cdot C2=200\mu s$。而两个行同步脉冲之间的时间间隔只有 64μs，因此在下一行同步到来时，C2 上的电压不会完全降为零，大约只降到充电电压的 30%。然后下一个同步脉冲又重新到来，C2 又被充电。这样充电、放电反复进行，在 C2、R9 两端就得到了一个近似锯齿形的直流电压，其数值约等于同步脉冲的峰值，而与图像信号电平几乎无关。锯



(a) 峰值AGC 检波电路



(b) 同步放大平均值AGC检波电路

(c) 预视放输出信号

图 9—12 AGC 检波电路

齿形电压经低通滤波器平滑后，即给出所需的 AGC 电压。

图 9—12(b)是一种同步放大平均值 AGC 检波电路。它是利用标准电压与合成图像信号的大小进行比较，将其差值作为同步信号脉冲的高度，从而检出自动增益控制电压。该电路由 VT1、VT2、VT7、VT8 两个差分放大器，恒流源以及 R1、C1 滤波器组成。由预视放级送来的视频信号如图 9—12(c)所示，作用到差分放大器 VT8 的基极，VT7 的基极偏置在 2.5V。当视频信号幅度小时，VT8 导通，VT7 截止，于是 VT7 集电极和 VT2 基极为 U_{CC2}8.5V 高电平。由于 VT1 基极偏置在 4.2V，故 VT2 导通，VT1 截止。因此恒流源电流 I_0 就通过 VT5、VT2、R4、R3、VD1 使 VT3 导通，VT3 集电极电流 I_{3C}就对电容 C1 充电，使 U_{AGC}电压上升。这个高电平信号，经直流放大器放大后，送到中频放大器，使中放增益增加。当视频信号幅度增加，使同步头电平下降时，VT7 导通，VT7 集电极和 VT2 基极电平下降，使 VT1 导通，形成放电电流 I_{C1}。当放电电流 I_{C1}大于充电电流 I_{C3}时，那么在同步头期间电容 C1 的电压就通过 VT1 放电，使 U_{AGC}下降。这个较低的 U_{AGC}电压，经直流放大器放大后，作用到中频放大器，使中频增益下降。视频信号幅度越

大，VT1 导通得越好，I_{C1}越大，U_{AGC}越小，中频增益就越低，达到自动增益控制目的。当 AGC 控制环路稳定后，电容 C1 上的充放电平衡。这时同步头电平保持在 2.5V 标准电压左右，即预视放器输出的视频信号，其幅度基本保持不变。

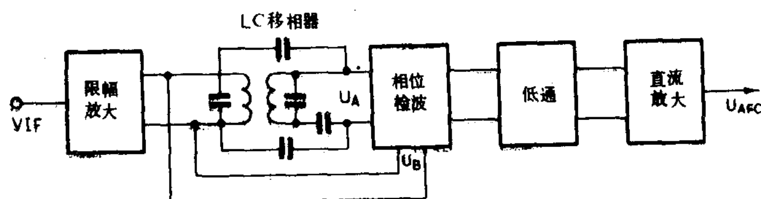
2. AFC 电路

AFC 电路即自动频率控制系统（有的也叫 AFT），它的主要作用是自动调整振荡器的频率，使其与外来信号频率之差维持在近于中频的数值。在正常情况下，接收信号载波频率为 f_C，调谐器相应的本地振荡频率为 f_{OSC}（$=f_C+f_I$），混频输出的中频频率为：

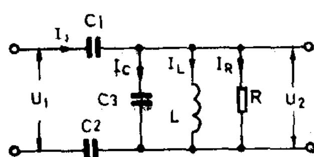
$$f_o=f_{osc}-f_c=f_I$$

我国的电视制式规定中频频率 f_I 为 38MHz。

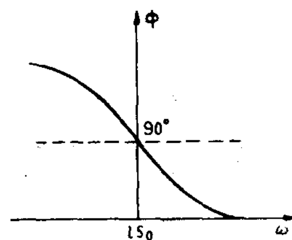
AFC 电路如图 9—13(a)所示。它通常是由限幅放大器、移相器、相位检波器、低通滤波器和直流放大器组成。它可将频率变化转换为相应电压幅度变化。AFC 电路的工作原理是：先由移相器把频率变化转化为相应的相位变化，然后利用双差分电路的鉴相特性，将相位变化转换成相应的电压幅度变化。所以 AFC 电路的主要部分是移相电路和鉴相电路，它们共同完成鉴频作用。



(a) AFC 电路原理方框图



(b) 移相器



(c) 相频特性

图 9—13　*AFC* 电路原理

当由于某种不稳定的因素使本地振荡频率产生了一个偏离 Δf 时，本地振荡频率就变成 $f_{OSC}+\Delta f_0$，混频后中频频率也发生了同样的漂移，成为 $f_0+\Delta f_0$。此中频输出信号加到相位检波器。相位检波器即鉴频器，采用双差分鉴相电路。它与视频检波用的双差分检波电路相似。但它的两路输入图像中频信号相差 90°。其中一路 $U_B=B\sin\omega_C t$，直接取自视频检波电路的限幅放大器；而另一路信号由外接在集成电路上的移相网络移相后，耦合到鉴频器，即 $U_A=A\sin(\omega_C t-\phi)$。其中 ω_C 为载波角频率 $2\pi f_C$，f_C 为载频，A、B 分别代表两路信号的振幅。移相后的信号 U_A 落后于限幅放大器输出信号 U_B 一个 ϕ 角。因为鉴相电路的输出与两路输入信号的乘积成正比，所以检波器的输出，通过低通滤波器滤除高频成分 ω_C 后，便可得到：

$$U_{AFC}=U_A\cdot U_B=KAB\cos\phi \qquad (9—12)$$

由式(9—12)可以看出，当 $\phi=90°$时，$U_{AFC}=0$。也就是说如果移相器移相不为 90°时，鉴相器就会有输出。图 9—13(a)所示 AFC 电路的移相网络其等效电路如图 9—13(b)所示。移相器的输入、输出电压分别为：

$$\dot{U}_1=\dot{I}_1 Z_1=\frac{\dot{I}_1 R}{1+j(\omega C_3 R-\frac{R}{\omega L})}$$

$$\dot{U}_2=\dot{I}_1Z_2=\left\{\frac{1+j(\omega C_3R-\frac{R}{\omega L})+j\omega C_0R}{j\omega C_0\left[1+j(\omega C_3R-\frac{R}{\omega L})\right]}\right\}\cdot\dot{I}_1$$

其中 $C_0=\frac{C_1C_2}{C_1+C_2}$。如果 ω 和 ω_0 相差不大，且 $\omega=\frac{1}{\sqrt{L(C_0+C_3)}}$，$Q\approx\frac{R}{\omega L}$，则图 9—13(*b*)移相电路的传输函数 $\dot{K}$ 为：

$$\dot{K}=\frac{\omega^2LC_0(\frac{\omega^2}{\omega_0^2}-1)+j\frac{1}{Q}\omega^2LC_0}{\frac{1}{Q}+\left(\frac{\omega^2}{\omega_0^2}-1\right)^2} \qquad (9—13)$$

由式(9—13)我们不难得出图 9—13(*c*)移相器的相频特性图和其表达式：

$$\phi(\omega)=tg^{-1}\frac{1}{Q\left(\frac{\omega^2}{\omega_0^2}-1\right)} \qquad (9—14)$$

所以，当有 Δf_0 产生时，$\omega\neq\omega_0$，表明中频偏离了标准值，则移相器输出 $\phi\neq 90°$，鉴相器就给出相应的正的或负的误差电压 U_{AFC}。这个电压经直流放大后，再经射随器输出，送至电子调谐器中的本机振荡器，控制振荡回路中变容二极管的电容量，进行本振频率微调，使它减小 Δf_0。也就是说本地振荡频率虽然偏离了 Δf_0，但由于自动频率微调的反馈作用又把它拉回 $3\Delta f_0$，使本振频率自动回到标准值，即：

$$f_0=(f_0+\Delta f_0)-\Delta f_0$$

反之，当 $\omega=\omega_0$ 时，即送入移相器的信号 $\dot{U}_1$ 频率与中心频率相同时，移相器对输入信号移相 90°，因而鉴相器输出 U_{AFC} 为零。

9.2.5 伴音电路

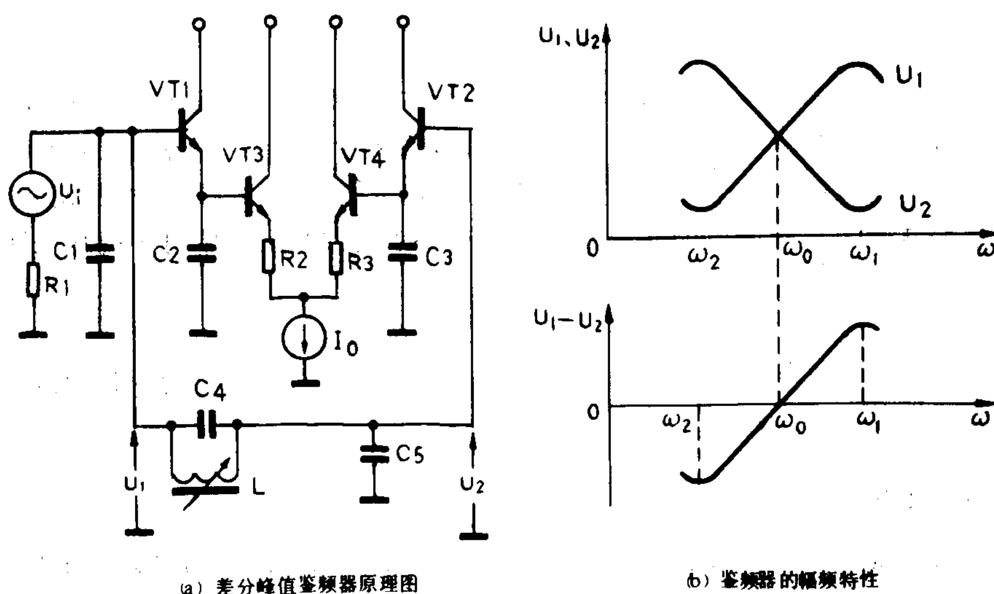
伴音电路是由限幅放大器和鉴频电路组成，其功能是从经过图像通道检波出的合成图像信号中分离出第二伴音中频信号，将其限幅放大，然后检波出音频信号。由于外界干扰或内部噪声的影响，以及接收谐振曲线不理想等因素，加到鉴频器输入端的调频信号振幅可能发生变化，从而使鉴频器的输出附加干扰，不能正确解调。因此，在鉴频器之前常常接入限幅器。伴音中频限幅放大器电路是由一至三级直接耦合的差分放大器组成，最后一级中放一般工作于限幅状态。为了抑制寄生调幅干扰，要求放大器有良好的限幅特性，限制电平越小越好，以消除调幅干扰的影响。由于送至鉴频器的信号是经过限幅的信号，所以伴音中放对信号不加负反馈，以取得较高的增益，总增益约为 70dB。差分放大器对伴音中频信号是单端输入单端输出，而对于音频共模干扰来说是双端输入的，故输出端没有共模干扰成分，这样就提高了伴音中放的调幅抑制比。

经放大限幅的伴音中频信号送至鉴频器进行频率检波。鉴频电路按其电路结构和工作原理可分为两种形式，即差分峰值鉴频器和同步鉴频器。但不论那一种鉴频器，都是通过对调频信号首先微分，将调频波变成调频调幅波后进行频率检波的。我们知道，如果采用 $U_m(t)=U_m\cos\omega_mt$ 调制信号对载波频率是 ω_C 的信号进行调制，则调频波的微分表示式为：

$$\frac{dU(t)}{dt}=-U(\omega_C+\Delta\omega\cos\omega_mt)\sin(\omega_Ct+\frac{\Delta\omega}{\omega_m}\sin\omega_mt) \qquad (9—15)$$

式(9—15)的信号包络 $U(\omega_C+\Delta\omega\cos\omega_m t)$ 就是随 $\cos\omega_m t$ 变化的调幅信号，经幅度包络检波后，即可恢复 $\cos\omega_m t$ 信号。因此通过微分电路可以将调频信号变成调频调幅信号。但是变调频信号为既调频又调幅信号的网络并不是直接采用一般的微分电路。它不是在时间域直接微分，而是间接地由频域微分或时延微分来完成。

差分峰值鉴频器是利用了频域微分特点而构成的鉴频器，如图 9—14(a)所示。其原理是利用谐振电路的振幅—频率特性，将等幅调频波变换成幅度与调频波频率变化成正比的调频调幅波，再进行幅度包络检波，以恢复调制信号。所以它是一种振幅鉴频器。图中 $C4$、$C5$ 和 L 组成频域微分选频网络，这一网络随着频率的不同，其微分结果的幅值也不同。此外为了改善鉴频特性的直线性，选频网络采用两个失谐回路构成。两个回路分别调谐于 f_1 和 f_2，即 $C4$、L 成并联谐振，谐振频率为：



(a) 差分峰值鉴频器原理图　　(b) 鉴频器的幅频特性

图 9—14　差分峰值鉴频器电路及幅频特性

$$f_1=\frac{1}{2\pi\sqrt{LC4}}=6.63\text{MHz} \tag{9—16}$$

当输入信号 U_i 的频率 f 很低，即 $f\ll f_1$ 时，L 的感抗很小，近乎短路，而 $C4$ 的容抗很大，故 U_1 和 U_2 的幅频特性大致相同。当 f 上升到等于 f_2 时，L、$C4$ 回路呈感性，它同 $C5$ 容抗相等而出现串联谐振现象，串联谐振频率为：

$$f_2=\frac{1}{2\pi\sqrt{L(C4+C5)}}\approx 6.33\text{MHz} \tag{9—17}$$

由于 $f_1>f_0$ 中心频率，而 $f_2<f_0$ 中心频率，且 f_2 和 f_1 对 f_0 是对称的，即 $f_1-f_0=f_0-f_2$，所以这个选频网络可将调频信号 U_i 微分转换成 U_1、U_2 两个幅频特性完全相反的即调频又调幅的信号。其中调幅部分反映了调制伴音载波的音频信号的变化规律，如图 9—14(b)所示。因为检波器的差分输入电压与频率的关系呈 S 型特性，且决定 S 曲线线性范围的是两个转折频率 f_1 和 f_2，所以当 U_1、U_2 送入 VT1、VT2 和 C2、C3 构成的差分峰值鉴频器，并分别馈给 VT1、VT2 两个峰值检波器的基极后，在调频调幅信号的正半周，VT1、VT2 发射结导通。由于 VT1、VT2

跟随器输出阻抗很小，所以给电容 C2、C3 充电的时间常数很小，使 C2、C3 上很快充到输入信号的峰值电平。在 U_1、U_2 负半周时 VT1、VT2 截止，C2、C3 通过具有大阻值的 R_2、R_3 放电。由于放电时间常数很大，且 $r_{VT1}C2 \ll R2 \cdot C2$，$r_{VT2}C3 \ll R3 \cdot C3$，所以电容 C2、C3 充电快，放电慢，在 C2、C3 上的电荷还未放完时，下一个正周期的电压又开始了，电容器再充电。如此反复直到在一个周期里电容器充放电达到平衡。如果 $r_{VT1}C2 \ll R2 \cdot C2$，$r_{VT2}C3 \ll R3 \cdot C3$ 选择适当，就可使 C2、C3 两端充得电压的幅度与 U1、U2 的幅度相接近，即传输系数略小于 1，晶体管 VT1、VT2 的导通时间就很短。这时输入信号 U1、U2 幅度增加或减小，输出电压就会随之升高或降低，即随着调频调幅波的调幅包络线而变化，从而可以在 C2、C3 上检出 U1、U2 的包络波形，得到调制信号，完成检波作用。调频载波高频成分则由 C2、C3 滤除。检出的信号由 VT3、VT4 组成的差分放大器进行叠加，于是在差分放大器的集电极就得到音频信号。

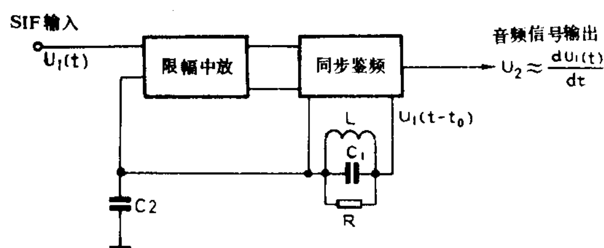


图 9—15(a)　同步鉴频器方框图

同步鉴频电路是一种双差分鉴相电路，其方框图如图 9—15(a)所示，其工作原理与图像中放 AFC 的鉴相电路类同。它有两路输入信号。一路信号取自限幅中放的输出；另一路信号由此信号经移相后获得。对于伴音中频，这两路信号相差 90°，故此种鉴频方法也称正交鉴频。

同步鉴频器的工作原理不再是利用电路的振幅—频率特性，而是根据电路的相位—频率特性来完成鉴频作用，所以它是相位鉴频器。同步鉴频器是利用移相电路将调频信号的频率变化变换成相位的变化，然后利用双差分电路鉴相特性把相位的变化变换成幅度的变化。因此它是利用移相，即延时微分作用来变调频波为调频调幅波。我们知道微分表达式按其定义可以写成如下形式：

$$\frac{dU_1(t)}{dt}=\lim_{t\to 0}\frac{U_1(t)-U_1(t-t_0)}{t_0} \tag{9—18}$$

按照式(9—18)的原理，即可构成图 9—15(a)的方框图，用以完成移相，完成延时微分作用，从而将调频波 $U_1(t)$ 变成调频调幅波 $U_2(t)=\frac{dU_1(t)}{dt}$。这里移相网络实质上是一个延时电路，它的幅频特性是在频偏范围内为常数，而其相频特性是线性的。对于任意频率的信号延时时间都是 t_0，且 $U_1(t-t_0)$ 的相移随 ω 作线性改变。因而相减信号的幅度就与信号频率有关，这就把调频信号变成了调频调幅信号，其幅度变化就是所需要的音频信号，再经包络检波器，即可完成对调频信号的解调作用。同步鉴频器移相网络的移相原理与 *AFC* 电路的移相原理相同，在此不再重复。但对于 6.5MHz 伴音中频，移相网络参数满足：

$$f_0=\frac{1}{2\pi\sqrt{L(C1+C2)}} \tag{9—19}$$

在选定 C1、C2 后，只要调节 L 就可改变频率，电阻 R 与 LC1 并联，用来降低 Q 值，增大鉴频特性的线性范围。同步鉴频器的输出，除音频信号外，没有 6.5MHz 伴音中频成分，只有幅度很小的第二次和更高次的谐波分量，因而伴音中频的寄生反馈可以大大减小，这样可提高伴音中放的稳定性。

同步鉴频器电原理如图 9—15(*b*)所示，它是由 VT1～VT21 等元件组成，经限幅中放输出的第二伴音中频信号，可近似认为是方波，经 VT1、VT9 两射随器隔离后加到 VT2、VT7 和

VT3、VT6 的基极。同时 VT9 输出的部分信号经 C1 与移相网络加到 VT5、VT8 的基极。VT5、VT8 及 VT2、VT3、VT6、VT7 组成的双差分鉴相器用于鉴相，以便得到所需的音频电压。C1 与外接的调谐回路组成一个 90°移相器，其作用如前所述，是将伴音调频信号中的频率变化变换为相位的变化，以供鉴相器检出音频调制信号。

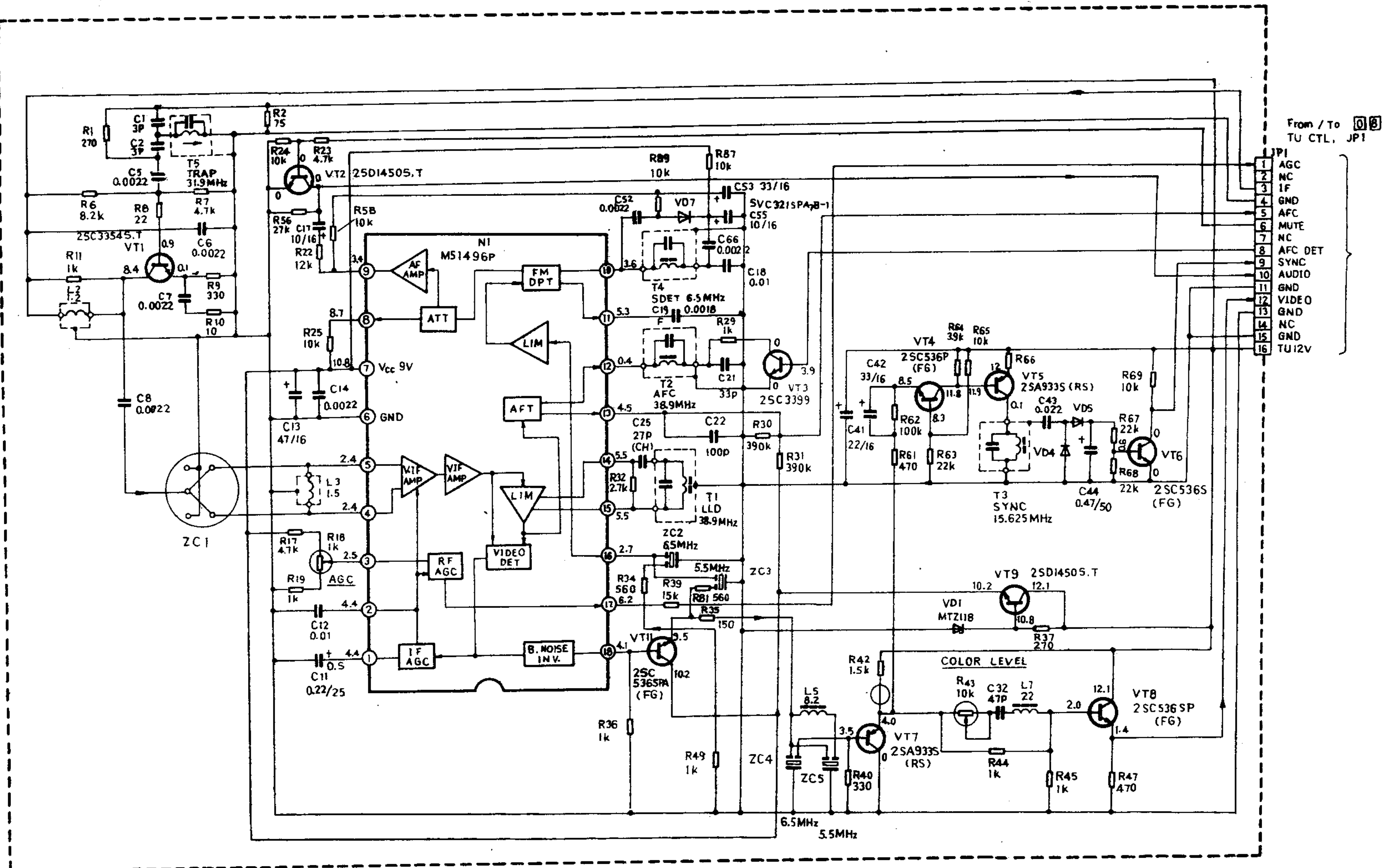
(b) 来自限幅中放

图 9—15(b) 同步鉴频器电路图

当 U_1 为正时，VT3、VT6 导通，VT2、VT7 截止。在 $U_1(t-t_0)$ 的作用下，流经 VT3、VT6 的电流与 U_1、$U_1(t-t_0)$ 的相位差 ϕ 有关。当 U_1 为负时，VT2、VT7 导通，VT3、VT6 截止。在 $U_1(t-t_0)$ 的作用下，流经 *VT2*、*VT7* 的电流亦与 U_1、$U_1(t-t_0)$ 的相位有关。I_1 经 VT14～VT16 组成的改进型恒流源负载后与流经 VT17～VT19 组成的恒流源电流 I_2 一起，再经 VT11～VT13 组成的恒流源叠加，使双端输出变单端输出。当 $\phi=90°$ 时，平均电流为 $\frac{I_0}{2}$。而 $\phi<90°$ 时，平均电流小于 $\frac{I_0}{2}$。反之，当 $\phi>90°$ 时，平均电流大于 $\frac{I_0}{2}$。电流 I_1+I_2 在集电极有源负载上产生相应的电压，并经外接电容滤波后，可得到和相位差成正比的电压输出，即音频信号。

9.2.6 中频单元实际电路分析

在这一节里，我们以两个中频单元实例，来进一步说明录像机的中频单元电路原理。图 9—16(*a*)和(*b*)分别为日本 JVC 公司和松下公司生产的录像机中所采用的中频单元电路。从图 9—16(*a*)中我们可以看出，电子调谐器输出的中频信号由连接器 JP1③端引入到中频单元。其中 VT1 和 R6～R11，C5～C8，以及 *L*2 组成前置中频放大器，*ZC*1 为中频声表面波滤波器，VT1 与 ZC1 构成中频输入电路。中频电视信号从 VT1 的基极输入，集电极输出。经宽带放大后，单端送入 ZC1 声表面波滤波器，确定中频幅频特性，然后双端馈入中频集成电路 *N*1 的④和⑤脚。在 *N*1 集成电路中，中频电视信号首先经过两级直接耦合放大器放大，然后送入限幅器和视频检波器，进行同步检波。*N*1 集成电路⑭和⑮脚外接 *T*1 中频选频网络，选出经限幅的38.9 MHz 中频信号做为视频检波的开关信号。检出的复合视频信号，经消噪电路由 *N*1 集成电路⑱脚输出。VT11 是射随器，*N*1⑱脚输出的复合视频信号从 VT11 的基极输入，发射极输出，然后一分为二。一路经 *ZC*4 6.5MHz 陷波器，滤除复合视频信号上的伴音中频信号，取出视频信号送入 VT7、VT8、R43～R47、C32 和 L7 组成的视频处理电路。其中 C32、L7 组成串联谐振网络，并且与 R44 并联，而 R44 与 R45 组成分压电路。所以视频信号经过 C32、L7、R44、R45 组成的频率补偿网络，使不同频率的成份衰减不同，从而达到均衡补偿的目的。由于 C32 和 L7 谐振于



(a) 中频单元电原理图

图 9—16(a) 中频单元电原理图实例(1)

色副载频附近，因而色度信号衰减很小，实现对色度电平的补偿，R43 用于调节色度电平。经过处理的视频信号，由 VT8 的发射极送至 JP1 连接器的⑫端子输出。

VT11 输出的另一路复合视频信号，经 ZC2 6.5MHz 带通滤波器，滤除视频信号取出第二伴音中频送入集成电路 N1 的⑯脚，由⑯脚将伴音中频送给限幅放大器，由限幅放大器给同步鉴频器。N1 集成电路的⑩和⑪脚外接 T4 等组成的移相网络。同步鉴频器检出的伴音信号经放大后，由 N1 集成电路的⑨脚输出，送至 JP1 连接器的⑱脚。JP1 连接器⑥脚引入的是音频静噪控制信号，当它为高电平时，VT2 饱和导通，将 N1⑨脚输出的音频信号吸收掉，从而达到静噪的目的。

此外连接器 JP1 的⑤端为 AFC 输出端，AFC 控制电平是由集成电路 N1 的⑬脚送出的。AFT 电路将限幅后的中频电视信号引出一部分用于 AFC 检测。集成电路 N1 的⑫和⑬脚外接 T2 等组成的移相网络。当连接器 JP1⑧端 AFC 检测输入高电平时，VT3 开关饱和导通，从而改变 90°移相网络参数，使 AFT 电路不能鉴相输出，达到使 AFC 电路开环的目的。

视频检波电路输出的复合视频信号，在送入消噪电路之前，也分出一部分给中频 AGC 电路。由中频 AGC 电路输出控制电平返回中频放大器，同时也送给 RF AGC 电路，由 RF AGC 电路将控制电平通过集成电路 N1 的⑰脚和 JP1 连接器的①端，送给电子调谐器。R18 用于改变 RF AGC 的控制点。

图 9—16(b)所示为松下公司录像机上所用中频单元，它与图 9—16(a)所示中频单元有较大的不同。首先由电子调谐器输出的中频信号，经 Q710 前置中频放大器放大，然后送入 X710 声表面波滤波器。从图上可以看出，X710 声表面波滤波器与图 9—16(a)中的 ZC1 是不一样的。ZC1 声表面波滤波器是单端输入，双端输出，输出送给中频放大器；而 X710 则是单端输入，三端输出。其中两端输出信号做为图像检波用信号，送入集成电路 IC701⑧和⑨脚的中频放大器。另一端输出送入集成电路 IC701⑪脚的伴音中频检波电路。所以图 9—16(b)所示中频单元中 IC701 集成电路，采用了图像中频和伴音中频分别输入，分别处理的方式。

其次送入中频放大器的图像中频信号，经两级放大后送给视频同步检波电路。我们知道，同步检波电路必须有一个载波信号做为开关信号。载波信号与接收到的已调波信号相乘，方可产生调制信号频率分量，而这个载波信号在图 9—16(b)所示中频单元的集成电路 IC701 中，并不是通过对图像中频信号进行限幅选频得到的，而是由 VCO 压控振荡器产生，经移相获得的。压控振荡器产生相位超前图像载波＋45°的载波信号，经－45°移相后与图像载波同相，做为开关信号，送入视频检波电路。中频放大器送往同步检波电路的图像中频信号，中途分出一路送给自动相位控制电路(APC)。同时，由 VCO 压控振荡器产生的载波信号，经＋45°移相，使其与图像载波相差 90°后，也送给 APC 检测电路。APC 鉴相原理与 AFC 电路中的鉴相原理相同。如果图像载波与振荡信号的相位差不是 45°，则送给 APC 电路的图像中频载波与 VCO 振荡信号的相位差就不等于 90°，APC 电路必有输出，控制 VCO 的振荡频率。所以集成电路 IC701㉒和㉓脚外接的 T703 不是选频网络，而是 VCO 压控振荡器的谐振电路。

图像中频信号经视频检波电路后变为复合视频信号，由集成电路 IC701 的㉘脚输出，经 X711 陷波器，滤除第二伴音中频信号，然后由 IC701㉚端进入亮度消噪电路。降噪后的视频信号送给 EQ 均衡器。EQ 均衡器与 IC701 集成电路的外接 R725、R726、R781、R782、VR741、C781～C783、L715 和 L781 等构成视频处理电路，对检波出的视频信号进行色度补偿和相位均衡，然后由集成电路 IC701 的③脚输出，经 VR741 和 Q703 跟随器，送往中频单元的⑭端子输出。与此同时，进入 IC701⑪脚的伴音中频信号，经伴音中频检波，解出第二伴音中频信号。然后经

过集成电路IC701⑬和⑮脚外接的X712 6.5MHz带通滤波器，滤除谐波及干扰，再经三级限幅放大后，送入鉴频器。集成电路IC701中的鉴频器是同步鉴频器，其⑰和⑱脚外接的T711等组成移相网络。鉴频器的输出经IC701⑲脚和VR751音量调节电位器后，送至中频单元的㉑端子输出。

当没有电视信号输入时，中频单元⑯端子送入高电平，经D771使Q713开关饱和导通，从而将音频输出全部吸收，达到静噪的目的。此外当音频信号噪声很大，严重失真的情况下，中频单元⑰端子送入高电平，经D771，打开Q713开关，实现音频静噪。与此同时，中频单元⑰端子的控制信号还送给Q701开关，使其饱和导通，将集成电路IC701⑥脚拉为低电平，进而使AGC停止工作；迫使中频放大器无输出，达到阻断视频输出的目的。当录像机重放时，为了防止中频单元输出的视频信号对重放信号产生串扰，所以中频单元的⑱端子在重放时送入高电平，使Q702开关饱和导通，也将集成电路IC701的⑥脚拉为低电平，停止AGC工作，达到阻断视频输出的目的。中频AGC电路是在视频信号进入亮度降噪前，分出一部分进行AGC检测的，其输出控制中频放大器和送给RF AGC电路。RF AGC电路通过集成电路IC701的④脚外接UAGC和VAGC两个调整电路。当录像机的高频系统接收的电视信号是UHF波段信号时，IC7652的⑫脚输出高电平，使QR711饱和导通，QR712截止。这时VR701和R721决定RF AGC的控制点。反之当录像机高频系统接收的是VHF波段电视信号时，IC7652的⑫脚为低电平，使得QR711截止，QR712饱和导通，RF AGC的控制点改由VR702和R722决定。QR713为AFC开关，当中频单元②端为高电平时，QR713开关饱和导通，从而改变T704等网络的参数，使与IC701㉖和㉗两脚连接的AFT电路不能鉴相，导致IC701⑯脚没有AFC电压输出，与电子调谐器的AFC环路开环。反之，AFC电压从IC701⑯脚输出，经Q771发射极送往电子调谐器。

9.3 RF(射频)变换器

9.3.1 RF(射频)变换器的作用和组成

RF(射频)变换器也称射频调制器，它是录像机高频系统中一个重要的组成部分。众所周知，录像机可以记录视频、音频线路输入信号，即AV信号，也可以收录电视信号。反之，录像机在放像时不但可用AV信号输出，而且也可用RF信号输出。录像机在记录电视信号或用RF信号输出时，都离不开RF变换器。图9—17示出了RF变换器的方框图。

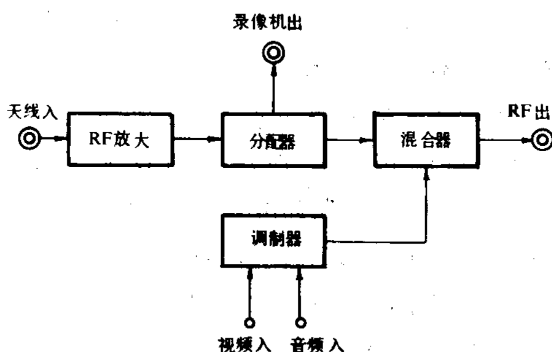


图9—17 RF变换器方框图

RF变换器是由分配器、放大器、射频调制器和混合器组成。其信号通道主要有三条：一条是从天线输入，经RF放大器、分配器后由录像机出端(VTR OUT)输出。这条信号通道是为了将电视信号送入录像机的电子调谐器而设制的，目的是把电视信号分给录像机的高频接收电路，并将电视信号解调成视频、音频信号，以供录像机记录。第二条信号通道是从天线输入，经RF放大器、分配器、混合器后输出。这一信号通道是专为电视机接收电视信号而开辟的。正是由于这一通道的设制，使录像机可以在收录一套精彩的电视节

目的同时，用电视机收看另一电视节目。第三条信号通道是由视频、音频线路输入调制器，经混合器输出。它是专为用户使用无 AV 输入端的电视机收看录像节目服务的。所以，RF 变换器在录像机中的主要作用有两个方面：一方面是将由天线馈至到录像机的电视信号一分为二，分别送入电子调谐器和混合器；另一方面是将录像机输出的视频信号和音频信号按电视标准调制在射频载波上，送入混合器，通过射频电缆馈送到电视机。

9.3.2 RF 变换器工作原理概述

图 9—18 是 RF 变换器的详细方框图。从图中我们可以看出 RF 变换器可分为前置分配混合放大器和射频调制器两大部分。前置分配混合放大器包括输入回路、前置 RF 放大器、分配器和混合器。输入回路一般是由 LC 网络组成，目的是为了滤除 40MHz 以下的频率成分，来提高中频的抑制能力，并与电视天线和馈线阻抗匹配。电视信号通过输入回路滤除了电视波段以外不必要的中频信号后送入前置 RF 放大器。前置 RF 放大器是一级宽带放大器，它在 40MHz 到 870MHz 频带内工作。该放大器具有很深的负反馈，所以工作频带宽、噪声低，但同时放大倍数也低，目的只是补偿由于二分配器带来的插入损耗。二分配器是一种无源网络，它起着把一路输入信号分解成两路输出信号，使两路输出信号彼此有一定的隔离度，并且与分配器的输入端阻抗相匹配。电视信号经过二分配器分成两路相等的信号后：一路送入录像机中的电子调谐器，供录像机记录；另一路与调制器送来的射频信号在混合器混合后放大输出，馈送至电视机供用户收看。

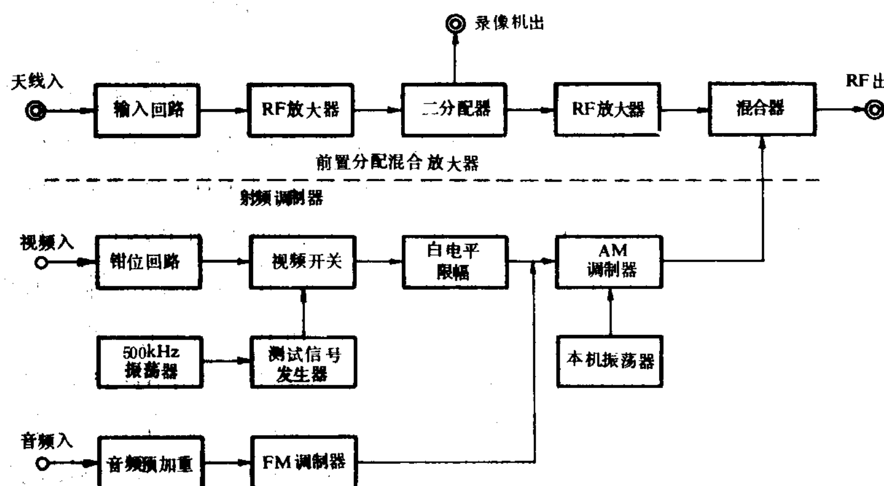


图 9—18　RF 变换器详细方框图

RF 变换器中的射频调制器，其作用好像一台袖珍电视信号发射机。它包括钳位电路、视频切换电路、白电平限制电路、500kHz 振荡电路、测试信号发生器、音频预加重电路、FM 调制器、AM 调制器和本地振荡器等电路。通常钳位电路、视频切换电路、白电平限制电路、500kHz 振荡器、测试信号发生器和 FM 调制器等是由一块集成电路来完成的，射频载波均采用甚高频 VHF 波段或特高频 UHF 波段。在我国 VHF 波段范围从 45～250MHz，UHF 波段范围为 470～960MHz。我国电视标准规定：图像信号采用调幅方式，伴音信号采用调频方式，伴音载频在同一频道中比图像载频高 6.5MHz。图像采用调幅制主要是为了节省频带宽度。伴音信号采用调频制可以提高抗干扰能力，减小与调幅图像信号之间的串扰，保证音质良好。所以录像机输出的音频信号送入 RF 变换器后首先进行预加重，然后进行频率调制，将音频信号的频谱搬迁到 6.5MHz 的载波频率上。

当调制信号 $U_m(t)=U_m\mathrm{COS}\omega_m t$ 和载波信号 $U_c(t)=U_c\omega_s\omega_c t$ 同时加到一个非线性元件上时，经非线性变换作用，便可以产生新的频率分量：

$$U(t)=U_c\cos\omega_c t+\frac{mU_c}{2}\cos(\omega_c+\omega_m)t+\frac{mU_c}{2}\cos(\omega_c-\omega_m)t \qquad (9\text{—}20)$$

所以利用滤波网络在这些频率分量中选出所需的频率成分，从而实现调幅。为了用户的方便，RF 变换器还设有测试信号发生器，在每行固定黑色电平上叠加两个 75%的白电平脉冲，产生在黑底上有两条白色竖道的测试卡图像，并通过视频切换开关送入调制器。

图 9—19(a)和(b)分别是日本米兹米公司和日本松下公司生产的 RF 变换器的电原理图。

图 9—19(a)所示 RF 变换器，它的上半部分是前置分配混合放大器，下半部分为调制器。电视信号由天线端子输入，经过 L63、L51～L53、C51～C55 组成的输入回路高通滤波网络，滤除 40MHz 以下的干扰信号，提高中频抑制比。输入的电视信号通过 SW 衰减开关，送入 VT51 第一级前置放大器。当衰减开关 SW 置在“ON”一侧时，电阻 R51 并接在 C55 两端，输入的电视信号被迫通过 R51、R52 组成的分压衰减电路，降低信号幅度。当衰减开关 SW 置在“OFF”一侧时，输入的电视信号越过 R51、R52，直接送入 VT51 前置放大器。第一级前置放大器是由 VT51、R53～R57、R75、C58、C76、C77 和 L55 等组成，用以补偿二分配器引入的插入损耗。其中 R53、C58 和 R55、R75、C76、C77 分别构成电流串联和电压并联负反馈。经放大后的电视信号通过 L56、R59 组成的二分配器，然后兵分两路，一路送往 VT53 放大器，再从录像端子输出给电子调谐器，供录像机记录用。这就是 RF 变换器的第一条通道，即输入回路→RF 放大器→分配器→VTR 端子通道。

L59 和 R59 组成的二分配器的另一路输出，送往 Q52 第二级前置放大器。这一宽带放大器是由 Q52、R60～R63、C63～C67、C78 和 L57 等组成，用以补偿后面混合器将要引入的插入损耗。它也带有很深的负反馈，R62、C67、C65 和 C66、R60 分别组成电压并联和电流串联负反馈。Q52 的输出接 L60、R67 组成的混合器的一端。在 RF 变换器中，混合器的结构与二分配器相同，不过它的作用却相反，是将电视信号与录像机输出的射频信号合二为一，然后通过 L61、C70 和 L62 组成的 Π 型滤波网络后，从电视机端子输出，供电视机接收用。这就是 RF 变换器的第二条通道，即输入回路→RF 放大器→分配器→混合器→TV 端子通道。

RF 变换器的第三条通道，即调制器电路，主要是由集成电路 IC1 和 Q1“克拉泼”振荡电路组成。音频信号从音频输入端输入，首先经过 C5、R3 组成的预加重电路进行音频预加重，以减小由调制而引出的高频衰减，然后送入集成电路 IC1 的④脚。集成电路 IC1⑥和⑧脚外接 C8、T1 和 C20、T2 两个不同频率的谐振网络。当 SW2 开关置在 G 一侧，集成电路 IC1 中的电抗管调频电路外接 C8、T1 谐振网络，谐振频率为 5.5MHz。而当 SW2 开关置在 D 一侧，C20、T2 谐振网络并接在集成电路的⑥和⑧脚，谐振频率为 6.5MHz。音频信号通过 IC1 中的电抗管电路和并接的调谐回路实现直接调频。所以振荡器的振荡频率是由 LC 谐振电路决定的，改变 LC 元件的参数可调节振荡频率。这是为了适应不同电视制式而设置的，对我国制式应置于“D”侧。

视频信号从视频输入端输入，送往集成电路 IC1 的①脚，视频信号在集成电路 IC1 中，首先要进行钳位。在这里不但要将同步头钳位到某一固定电平上，而且还要对白电平进行稳幅，目的是使进入调制器的信号稳定。调制器是由 VD2 和 T3 组成的，稳幅后的视频信号从 IC1⑨脚输出，伴音信号在调制到 6.5MHz 第二伴音载频信号上之后，从 IC1 的⑦脚输出，经 C10、R10 与通过 R11 输出的视频信号合成为复合视频信号，然后送往 D2 对载波信号进行 AM 调幅。载波信号是由 Q1、C14～C17、CT1 和 L2 等组成“克拉泼”振荡电路产生的，其输出通过 L2、L3 耦合，加到 T3 的两端，由 T3 耦合变压器将载波送给 D2，通过 D2 用复合视频信号对其进行

注：1. 本电原理图的各元器件对安全至关重要。
2. 本电原理图只作参考。避免更换个别件，应更换整件。

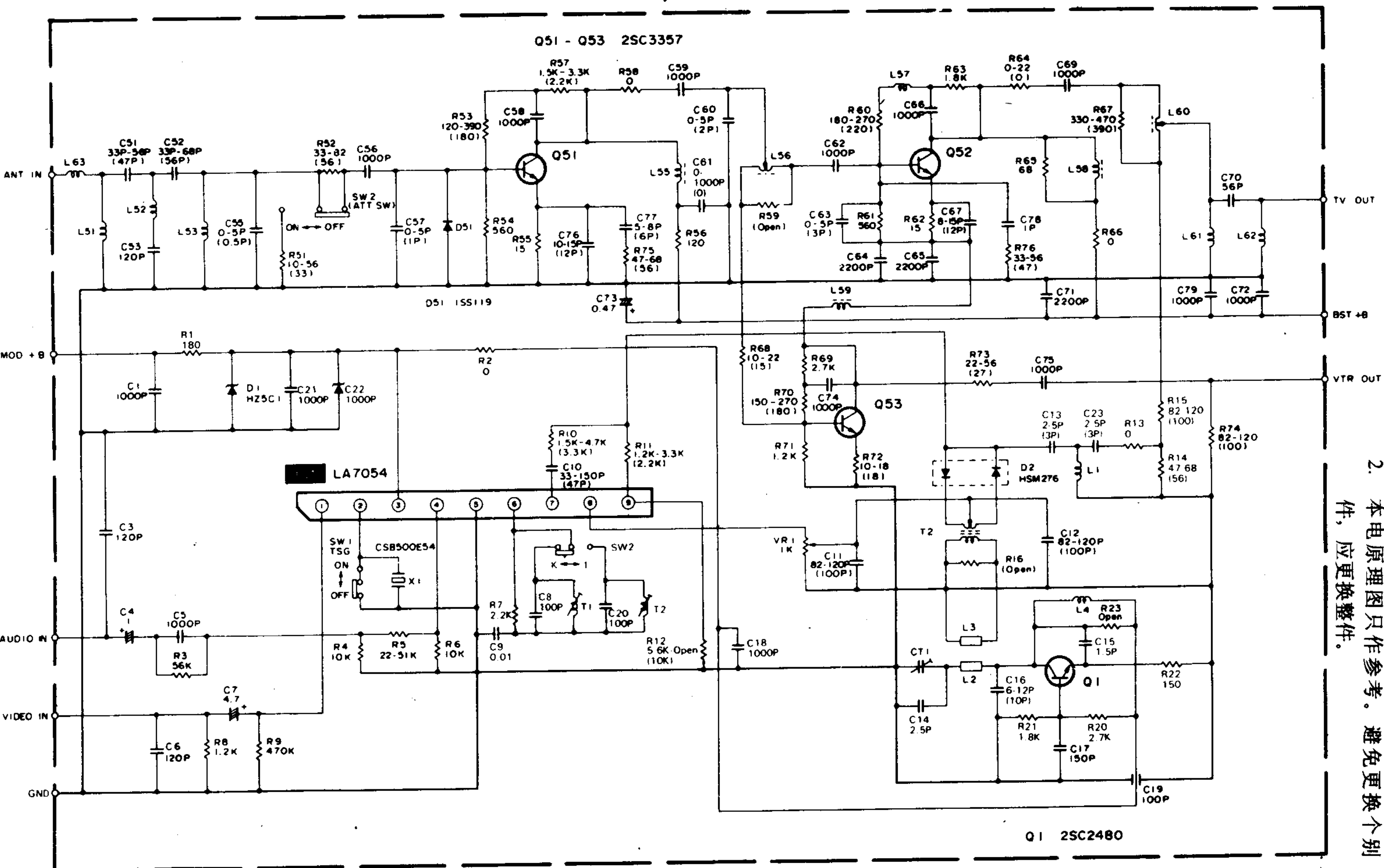


图 9—19(a) RF变换器实例(1)

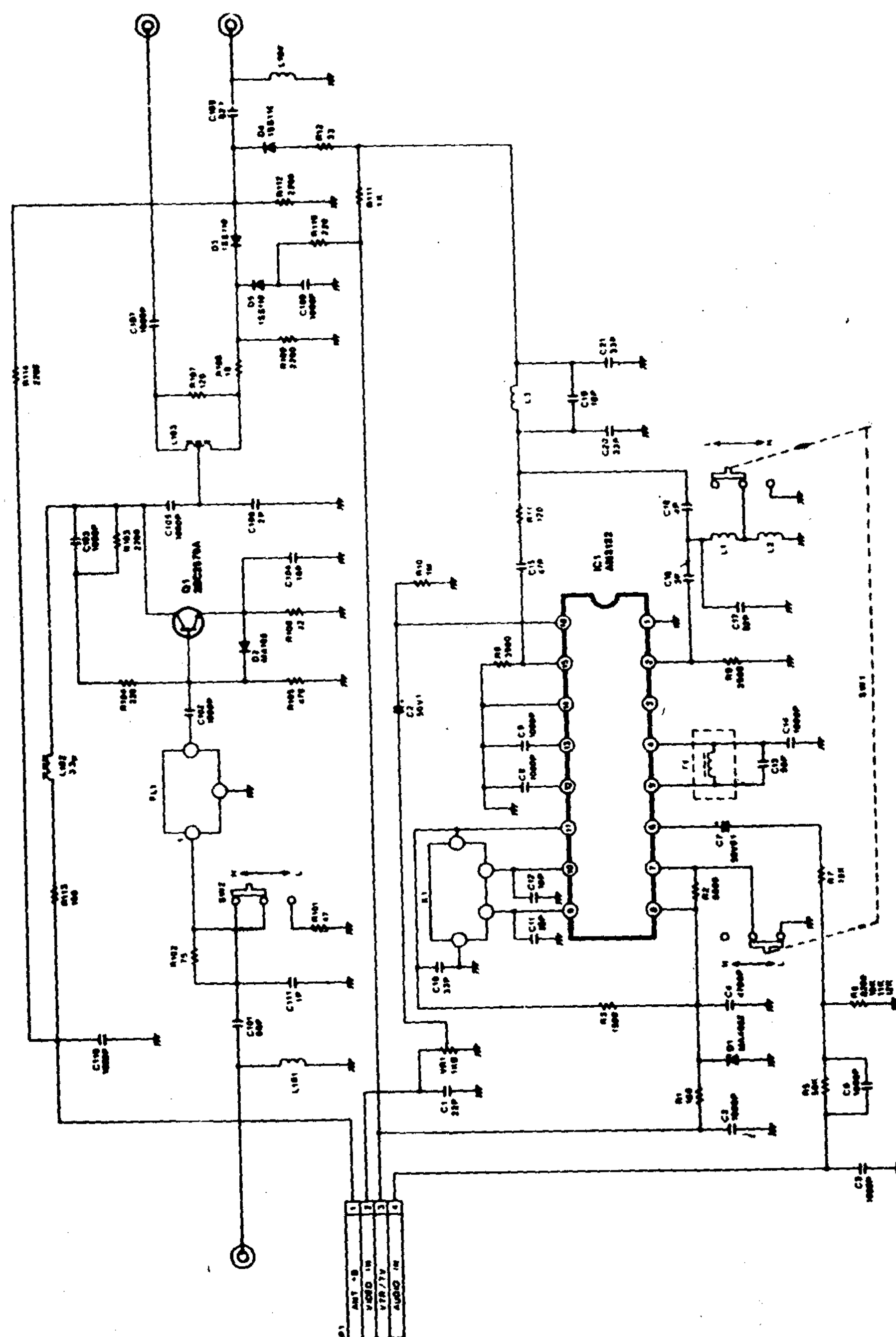


图 9—19(b) RF 变换器实例(2)

调制。VR11 用于改变调制度，CT1 可以用来改变 Q1"克拉泼"振荡电路的振荡频率，从而调整输出频道。最后 AM 调幅信号经过 C13、C23、L1 组成的 T 型滤波网络，取出调制信号送到 L60、R67 混合器的另一个输入端，与电视信号混合，再经 C70、L61、L62Π 型滤波网络后，由 VT 端子输出，供电视机接收用。

在集成电路 IC1 的②脚外接测试信号开关 SW1 和测试信号谐振器 X1。当 SW1 置在"ON"一侧时，谐振器 X1 开始工作，IC1 内部的测试信号发生器产生测试信号，并通过其内部的视频切换电路阻断视频信号输入，切出测试图像。

图 9—19(b)所示的是松下公司生产的一种 RF 变换器，它与图 19(a)所示电路有较大的不同。首先它的前置分配混合放大器只有一级 RF 放大器，没有混合器。输入回路里采用了 FL1 固定高通滤波器。由天线输入的电视信号经 SW2 衰减开关后，送入 FL1 高通滤波器，滤除 40MHz 以下干扰。FL1 高通滤波器的输出送 RF 放大器 VT1 的基极，补偿 L103、R107 二分配器的插入损耗。前置放大器由 VT1、R103～R106、C102～C106 组成，其中 R106、C104 和 C103、R104 组成电压并联和电流串联负反馈。经 VT1 放大的电视信号，由 L103、R107 二分配器一分为二。一路做为录像用信号，由"录像"端子输出给电子调谐器，即形成由输入回路→RF 放大器→分配器→VTR 端子的 RF 变换器第一通道。另一路经 VD3 开关，由天线输出，供电视机接收用，形成由输入回路→RF 放大器→分配器→切换开关组成的 RF 变换器第二通道。

图 9—19(b)RF 变换器与图 9—19(a)的不同点在于它不是采用先将伴音信号调制到6.5 MHz 第二伴音中频载波信号上之后，与视频信号合成，然后再将合成信号调制到射频载波上的方法来完成射频调制，而是采用音频信号调制到 6.5MHz 的伴音中频后即与射频振荡器的输出信号进行变频，将伴音信号载于图像载波信号上，然后将伴音载频和图像载频加在一起，从而完成射频调制。所以，音频信号通过连接器 P1 的④端送给 R5、C6 组成的音频预加重电路后，即输入集成电路 IC1 的⑥脚。在 IC1 内经过一级缓冲放大后，与 6.5MHz 载波进行频率调制。集成电路 *IC*1 的④和⑤脚外接 *LC* 并联电路，谐振于 6.5MHz。音频 FM 信号再与载波进行变频，最后从 IC1 的②脚输出，与图像载波相加。而视频信号从连接器 P1 的②端输入，送至 IC1 集成电路的⑯脚。在其内部先进行视频钳位和白电平限幅，将信号钳位在一定的电平上后，再调制在载波上。集成电路 IC1 的⑨和⑩脚外接声表面波谐振器 X1。所以它也与图 9—19(a)RF 变换器的振荡器不同，它不是采用"克拉泼"振荡电路，而是采用谐振电路 X1，故而 RF 输出频道只有两个，不能连续可调。谐振器同 IC1 内部电路一起构成载波振荡器，以此形成调制用的载波，并与钳位处理后视频信号进行 AM 调制。同时它也送给音频电路，与音频 FM 信号进行变频。最后由 IC1⑮脚输出图像调制载波信号与变频后的音频信号混合，经 L3、C19～C21 组成的 Π 型网络滤波，取出复合调制信号送到输出端。

当连接器 P1 的③端 VTR/TV 加有高电平时，二极管 D4 处于正向偏置而导通，于是射频信号可以通过 D4 到达天线输出端，这样录像机重放的输出信号就通过射频变换器送到电视接收机。此时 D3 处于反向偏置，RF 放大器输出的电视信号被阻断，不能到达天线输出端。所以它用二极管开关电路取代了混合器。SW1 开关是射频输出信号的频道选择开关，它使 RF 变换器的射频输出可以在两个频道之间选一。

9.3.3 RF 变换器的特点

1. 双边带传送方式

根据调幅理论可知，不论是正常调幅信号(AM)，还是抑制载波的调幅信号(AM—SC)，它

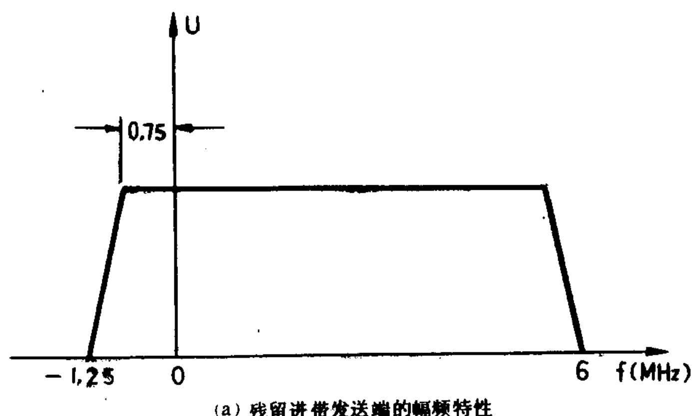
们所占的频带宽度都是调制信号的两倍，并且上下两个边带都包含有同样的信息。当用 0～6MHz 的视频图像信号对载波调幅时，已调波占有 12MHz 的带宽。这样宽的频带不仅使空间频率利用率低，即相同频率范围可供广播的电视频道数目减少，而且对发射和接收设备的技术要求较高，因而压缩图像调幅信号的带宽对发射机来说是必要的。

单边带调制由于只发射一个边带，所以可使频带压缩一半，在全波段内可以容纳的电视频道也就可增加一倍。单边带调制全部发射功率都是有用的，所以单边带比双边带功率节约$\frac{2}{3}$，相当于提高 4.8dB 的功率增益。也就是说，如果单边带发射机与双边带发射机的总功率相等，那么在接收端收到的单边带信号就比双边带信号强度大，相当于提高了信噪比。

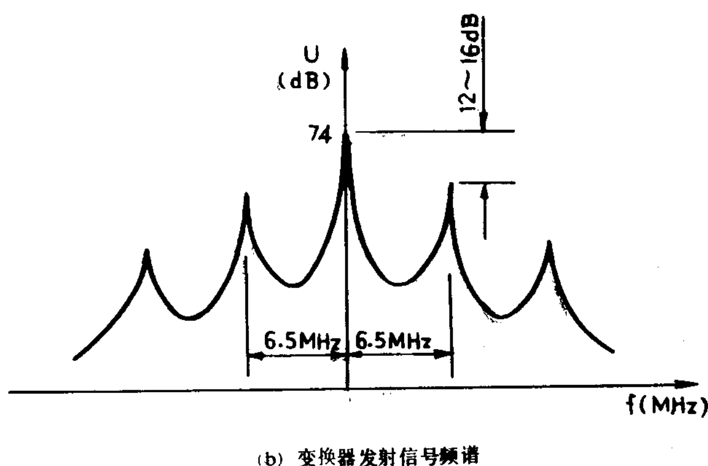
但是单边带传送对图像传输极为不利，即使传输系统具有理想的单边带频率特性，也会产生正交分量，通过包络检波，将导致视频信号有较大的失真，而且失真的大小与图像信号的幅度有关，很难校正。由于视频图像信号具有零频率分量或接近于直流的分量，调幅后信号频谱的上下边带就连成一片，中间没有间隔。如果希望把其中一个边带取出来，就需要制作截止特性非常陡的滤波器，这是非常困难的。为了解决这个矛盾，最佳方案就是采用"残留边带调制"，即发送一个完整的上边带和保留一部分下边带。电视标准规定，残留部分为 0.75MHz。换句话说，0.75MHz 以下的频率分量为双边带传送，0.75～6MHz 的频率分量是单边带传送，如图 9—20(a)所示。

残留边带传送不但保留了单边带调制压缩带宽和减小正交分量所引起的信号失真等特点，而且免去了单边带调制中制做截止特性非常陡的滤波器的困难。为实现残留边带传送，发射机多采用平衡调幅和滤波器选择来实现。这就要求图像信号和伴音调频信号均先在中频 38MHz 处分别进行调幅和混频，以使发射器工作在任何一个频道时，其前端群延时，微分增益校正等是相同的。然后中频信号再与本机振荡信号混频，产生射频信号，通过功放输出。

但是由于 RF 变换器体积很小，一般只有 40×40×17mm 左右，没有足够的空间来安放那么多电路，并且它只通过射频电缆线将信号送给一台电视机，是一种简单的闭路系统，不会干扰电视波段，所以无需压缩频带，也不用有很高的发射功率。为了降低成本，简化电路，提高性能价格比，RF 变换器采用了双边带传送方式，其频谱如图 9—20(b)所示。



(a) 残留边带发送端的幅频特性



(b) 变换器发射信号频谱

图 9—20 RF 变换器发送信号的频谱特点

RF变换器省去了发射机中的残留边带滤波器、群延时、微分增益校正和图像、伴音的中频调制、混频及功放等电路。所以RF变换器中音频信号在进行6.5MHz调频后，并未采用平衡调幅器抑制载波，进行38MHz的中频调制，而是与视频信号一起采用正常调幅(AM)直接输出。

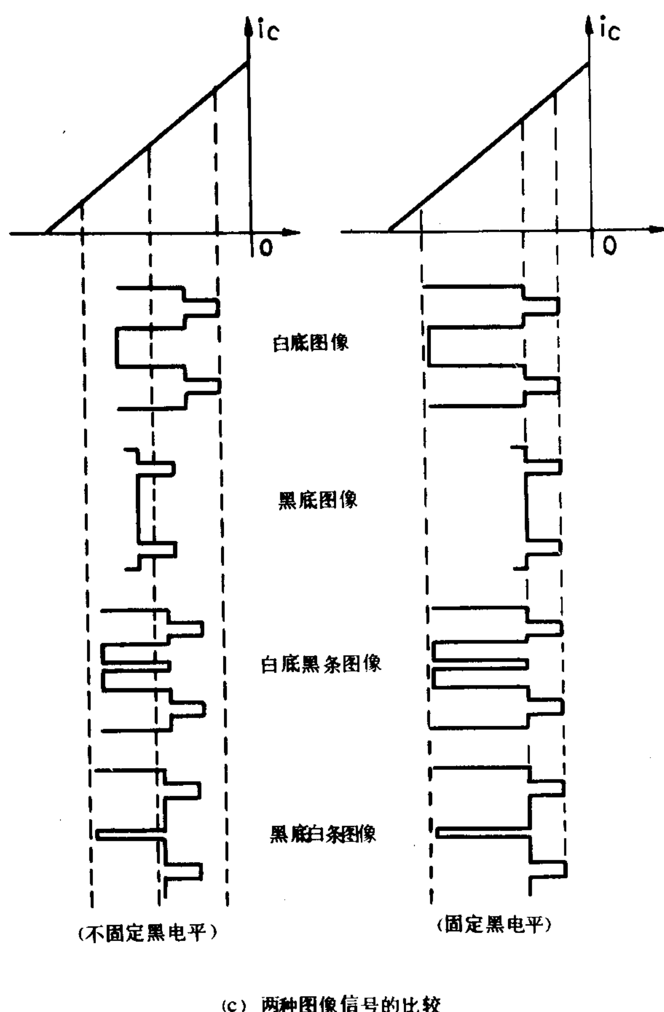
2. 负极性调制

由于视频图像信号具有单极性和不对称的特点，所以它对载波的调制有两种极性，即用正极性视频信号调幅，称为正极性调制。反之，用负极性视频信号调幅，则称为负极性调制。负极性调制同步顶对应于发射器输出的功率最大值，优点较多，所以我国和世界上大多数国家采用负极性调制。RF变换器也采用负极性调制，具体优点如下：

① 效率高。在一般情况下，一幅画面其亮的部分比暗的部分大，因而在负极性调制的载波平均功率比峰值功率小许多，效率较高。正极性调制则相反，对应画面亮的部分输出功率大，平均功率增加，因而效率较低。

② 便于接收机实现AGC自动增益控制。从9.2.4一节我们知道，在接收机的中频单元电路中，常采用峰值AGC和同步放大平均值AGC。这些AGC电路把同步顶电平作为信号强度的基准，成为AGC的参考值。由于负极性调制同步顶处于最高电平，所以便于实现AGC自动增益控制。

③ 干扰影响小。信号在传送过程中，外来干扰多以脉冲的形式叠加在信号上。对于负极性调制，这种干扰经解调后在电视屏幕上呈现的是黑点。反之，正极性调制则呈现为亮点。由于黑点更不易被人们察觉，所以干扰对负极性调制比对正极性调制影响小。



(c) 两种图像信号的比较

图9—20(c)

此外，在RF变换器中，无论图像的平均亮度电平变化与否，它的黑色电平都需要固定，即需要钳位。这样做的结果，可以使色同步基准副载波的相位比较稳定。图9—20(c)示出了固定与不固定黑色电平随图像内容变化时的波形。由图可以看出，在固定黑色电平的情况下，色同步信号的工作电平不变。

9.4 数字频道预置电路

数字预置电路也是一种电子频道预置器，但它与电位器预置器不同。电位器预置的触摸控制选台方式，其调谐电压的储存是利用调节电位器的位置完成。这种预置方式，随着欲预置频

道数目的增加，电位器的个数也相应增加，而且电源电压的波动，温度变化等都将引起调谐误差。近年来由于大规模集成电路的迅速发展，数字技术及单片微处理机的广泛应用，应运而生了数字预置电路。目前数字技术日益受到重视，并且发展很快，已经在录像机的高频接收系统中显示出了特有的优点。由于数字预置电路都是利用微处理机完成数字信号的运算和控制，最终改变调谐电压，并存储所需要的数字指令。所以录像机在预置电视频道时能迅速地进入正确的工作状态，并且更换波道简单迅速，调谐准确，节省了人工操作。同时还能消除因外界某些因素引起的失谐，使录像机的高频接收电路始终维持在最佳工作状态，大大提高了可靠性，也便于遥控。数字预置电路一般分为电压合成预置方式和频率合成预置方式两种。下面便分别进行介绍。

9.4.1 电压合成预置方式

1. 电压合成预置电路的组成及工作过程

电压合成预置电路是由电子调谐器、中频单元、操作电路、微处理机、E^2PROM 存储器、数模转换器、波段解码器和驱动电路组成，其方框图如图 9—21 所示。

从图 9—21 中可以看出，录像机用电压合成预置电路通常是一种无反馈控制的电调谐系统，即半自动检索系统。因为在预置频道时，AFC 电路处于开环状态，调谐需要由人监视，并通过键盘控制来完成。

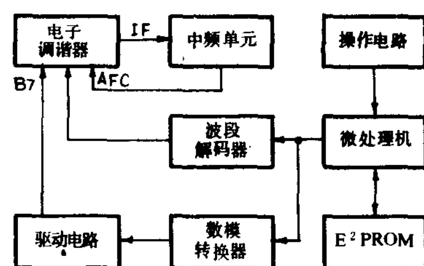


图 9—21　电压合成预置电路方框图

当按下手动预置键时，键控信号通过微处理机使存储器处于写入状态，同时微处理机中的检索计数器开始计数。如果此时继续按压检索键，计数器将计数脉冲送到脉宽调制数/模转换器。数/模转换器随之输出一个占空比从 0%到 100%增加的调宽脉冲信号，经低通滤波器平滑后，成为 0～30V 增长的扫描或调谐电压。调谐电压馈送到电子调谐器的 BT 端子，从而可以完成对该波段内的全部频道的检索（自动）调谐。在检索过程中，微处理机反复查寻与键盘连接的输入口，以确认是否还有递增或递减的检索键控指令。微处理机根据键控指令信号，可以改变计数脉冲，从而改变脉宽调制信号的脉冲宽度。例如当微处理机收到来自键盘的向上检索指令时，微处理机控制检索计数器计数，并将计数脉冲送入脉宽调制式数/模转换器，使脉冲正周期变长，调谐电压随之升高。反之，微处理机控制检索计数器减数，脉宽调制式数/模转换器输出的脉冲正周期变窄，调谐电压就变低。这样从脉宽调制信号的占空比可反映出调谐电压的大小，从而改变电子调谐器的本地振荡频率，直至调谐准确，画面最佳为止。

当没有检索键控指令时，检索动作停止。微处理机根据键盘送来的存储指令和该频道的地址指令，把此时检索计数器的输出数据做为该频道的调谐电压数据存入地址指令指定的存储单元中，即送入 E^2PROM 存储器，记忆存储。

当需要收看某一个已预置好频道的电视节目时，按下该频道的键号，此时电压合成预置电路进入频道转换状态，微处理机根据键控指令信号，改变 E^2PROM 存储器的方式控制码，使其置于读出状态。此时检索计数器与数/模转换器断开，微处理机读取存储器中该频道的调谐电压数据。调谐电压数据通常为 16 位，前 13 位用于电压调谐，第 14 位为 AFT 信息，后两位是波段数据。微处理机将波段数据送入波段解码器，通过对 2bit 的数据进行解码，改变波段转换开

关的输出，从而控制电子调谐器的 BL、BH、BU 端子电压，使其进入键盘指令预定的频道波段。而调谐电压数据的前 14bit 数据经数/模转换器和低通滤波器，变成模拟调谐电压，送至电子调谐器的 BT 端，便能收看到所要频道的电视节目。所以电压合成预选方式是通过预置，把各频道所需的调谐电压的数字信号预选存储在微处理机外部的 E^2PROM 存储器中。当选台时，微处理机根据选台的地址指令从存储器中读取相应的调谐电压数据，经数/模转换器转化为模拟调谐电压后，送到电子调谐器进行选台调谐，无需机械机构就能自动选台操作。

图 9—16(b)所示中频单元电路即是电压合成预置电路中的一部分。其中 IC7652 集成电路包括了电压合成预置电路中的波段解码器、数/模转换器和驱动电路。在预置频道时，由微处理机送来的 16bit 串行码，经过中频单元⑩端送入 IC7652 的④脚。IC7652 将其中的两位波段码解码后，控制自己与电子调谐器 BU、BH、BL 端子相连接的⑫、⑭和⑮脚的电平。如果微处理机指示调谐在 V_L 波段，则⑮脚 B1 为高电平，⑫和⑭脚为低电平。如果是调谐在 V_H 波段，则⑭脚 B2 为高电平，其余两端为低电平。当 IC7652⑫脚 B4 为高电平，而⑭和⑮脚为低电平时，电子调谐器工作在 UHF 波段。与此同时，IC7652 还将微处理机送入的 14bit 调谐电压数据译码，控制脉宽调制数/模转换器，改变输出脉冲的占空比。脉宽调制脉冲由 IC7652 的⑥脚输出，经 R7671～R7674、C7661～C7664 组成的低通平滑网络，成为 BT 调谐电压，送入 IC7652 的⑦脚，再经驱动电路，由其⑧脚输出，送往电子调谐器 BT 端子，控制本振频率和调谐频率。此外，IC7652 集成电路的⑨和⑩脚 V_L 和 U 为波段标志端。前面我们曾经讲过，电子调谐器工作时分为 3 个波段，即 V_L、V_H 和 U 波段，并且在每个波段调谐电压都从 0～30V 连续可变。所以在预置时，微处理机根据 IC7652⑨和⑩脚发出的波段标志信号，获得预置波段的信息，以便微处理机根据预置电平调整 16bit 串行码中的 4bit 波段码，自动改变波段。

2. 电压合成预置器的工作原理

电压合成预置器的工作实质是将调谐模拟电压变成数字信号，由微处理机控制存入或读出。微处理机与 E^2PROM 存储器的连接如图 9—22(a)所示。它与存储器完成存储信息的写入、清除及读取。实际上，就是在频道预置时及微调检索时，完成清除再写入的存储数据工作，选台时读取并传输信息。选片由 CS 端子来完成，当选片端子 CS 处于"H"状态时，E^2PROM 存储器工作。这时它的工作状态由 KO 端子控制，有以下 7 种状态：

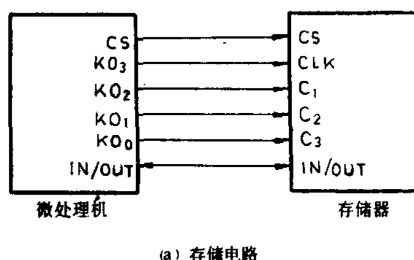


图 9—22(a) 微处理机与 E^2PROM 的连接

① S、B： 起始。

② DAO： 通过输入/输出端子，送出寄存器中以"READ"方式传来的信息数据。

③ DAI： 把应存储的信息数据，通过输入/输出端子，传送给数据寄存器。

④ WRT： 把以"DAI"方式传送来的信息数据存储于指定地址。

⑤ ERS： 清除存储于指定地址的信息数据。

⑥ READ： 把存储于指定地址的信息传输给数据寄存器。

⑦ ADI： 把指定地址的信息数据，从输入/输出端子传送给地址寄存器。

以上各种状态是由微处理机通过 KO_0～KO_2 端子改变 C_1、C_2 和 C_3 等"状态控制"端子的高、低电平来完成的。而 C_1、C_2 和 C_3 端子的"状态控制"关系如表 9—2 所示。

表 9—2 状态控制关系

端子 \ 方式	S.B	DAO	DAI	WRT	ADI	ERS	READ
C_1	H	L	L	L	H	H	L
C_2	H	H	L	L	L	L	H
C_3	H	L	L	H	L	H	H

E^2PROM 存储器通常是 40 字×16 位或 16 字×16 位的数据存储器。用 14 位指定地址，以最初 4 位决定高位数，以其后 10 位决定低位数。一个时钟脉冲对应于 1 位。例如图 9—22(b)中的 C_1 为"H"，C_2 为"L"，C_3 为"L"，由表 9—2 可知这是 ADI 地址输入方式。其次由输入/输出数据可知指定的地址是 21。

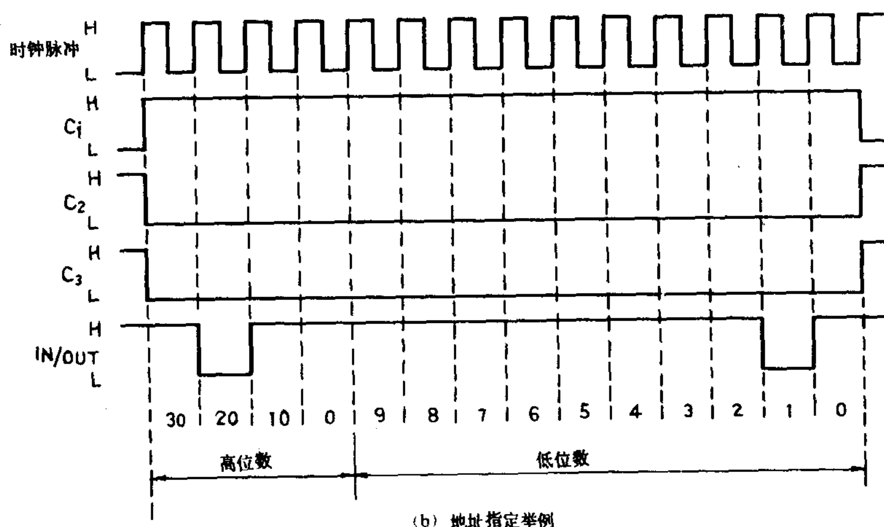


图 9—22(b) 地址选定举例

虽然 E^2PROM 存储器的工作状态有 7 种，但每种状态完成后，都要回到 S.B 起始状态。在存储器写入时，微处理机向存储器发出的指令顺序是：

S.B→ADI(14位)→S.B→ERS→S.B→DAI(16位)→S.B→WRT→S.B

如图 9—22(c)所示。在存储器读出时，微处理机向存储器发出的指令顺序是：

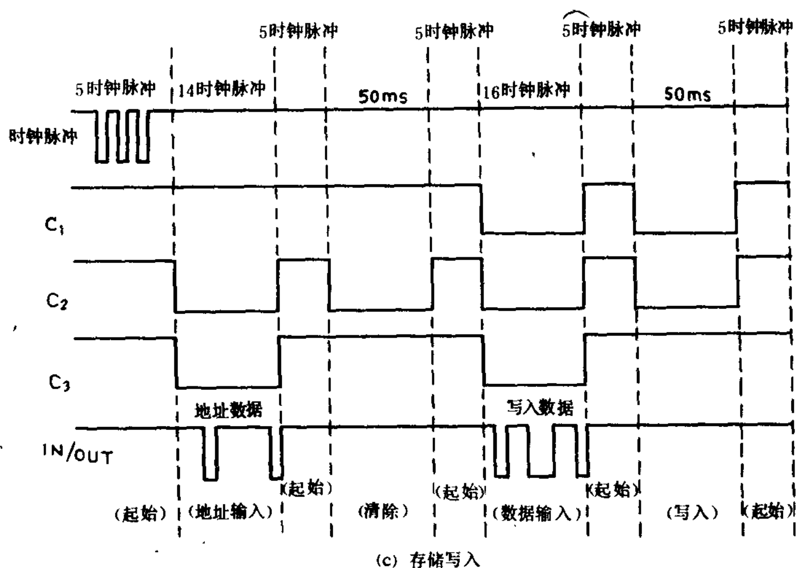
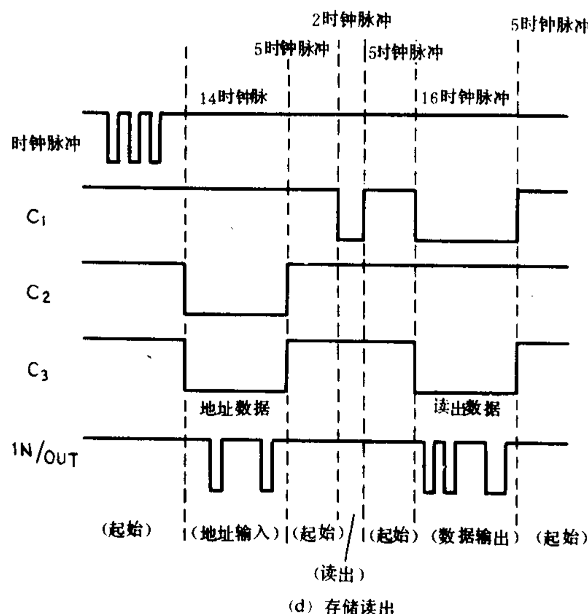


图 9—22(c) 存储写入

S.B→ADI(14位)→S.B→READ→S.B→DAO(16位)→S.B

如图 9—22(d)所示。每一地址的存储为 16 位。数据输入及数据输出分别为 16 个时钟周期。存



(d) 存储读出

图 9—22(d) 存储读出

储器的地址存储的 16 位信息包含 13 位的调谐电压数据，1 位自动微调数据及波段 1 和波段 2 的内容，其状态字如下：

调谐电压数据(13 位)	自动微调	波段 1	波段 2

通常电子调谐器的调谐电压 BT 的变化范围是 0～30V。因为调谐电压数据是 13bit，固其量化比特数 n＝13。由量化原理可知，信号的量化分层数为：

$$M=2^n \qquad (9—21)$$

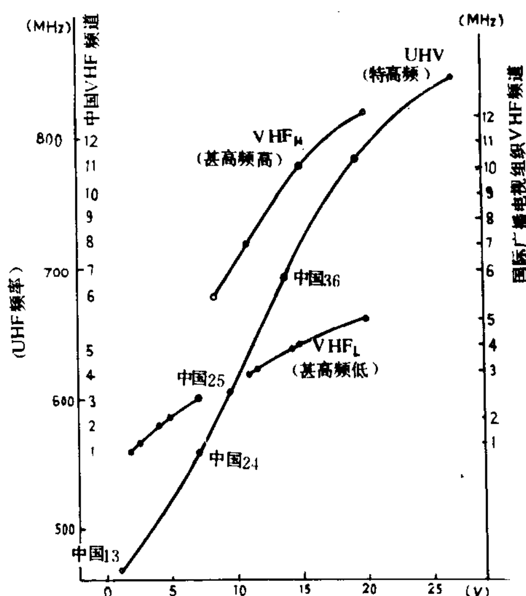
所以调谐电压的量化分层数为：

$$M=2^{13}=8192$$

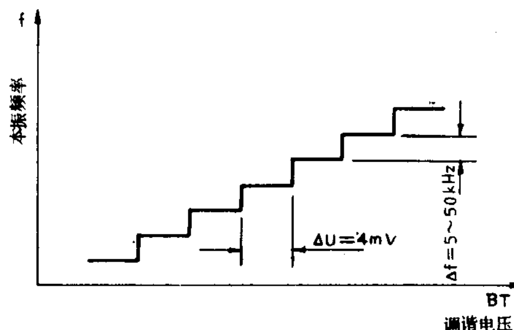
也就是说，调谐电压的步进幅度为$\frac{30(V)}{8192}=3.7$ mV≈4mV。通常每毫伏调谐电压控制的频率变化范围称为调谐灵敏度 K，其表示式为：

$$K=\frac{\triangle f_{osc}}{\triangle U} \qquad (9—22)$$

式(9—22)中的$\triangle f_{osc}$是电压合成预置方式的频率分辨率，$\triangle U$ 为电压分辨率。为了从 VHF 至 UHF 进行全波段调谐，所以要求步进电压$\triangle U$ 能使本振频率改变$\triangle f_{osc}$。设$\triangle U=4$mV，K 取决于电子调谐器的电参数。根据图 9—23(a)可知，电子调谐器的调谐灵敏度为 2～15MHz/V，即 2～15kHz/mV。如果取 K＝1.2～13kHz/mV，由式(9—22)不难得出电压合成预置方式的频率分辨率$\triangle f_{osc}$为：



(a) 调谐频率曲线



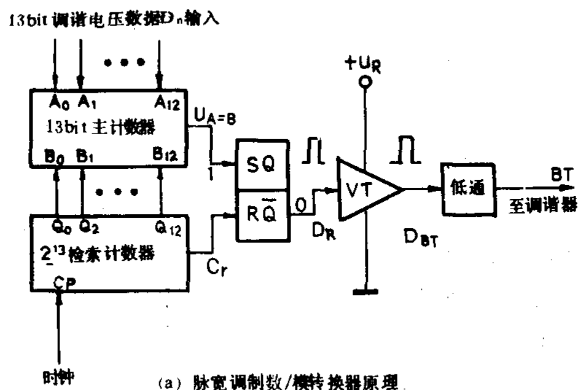
(b) 调谐电压与本振频率的关系

图 9—23 调谐曲线及调谐电压与本振频率的关系

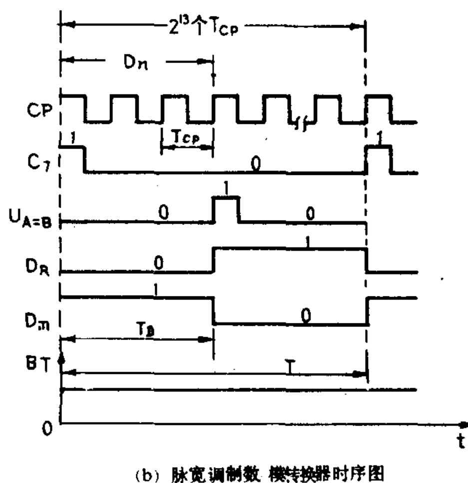
$$\triangle f_{osc}=K\times\triangle U=(1.2\sim13)\text{kHz/mV}\times4\text{mV}=5\sim50\text{kHz}$$

根据上述计算，我们可以画出电子调谐器的调谐电压 BT 与本振频率 f_{osc} 之间的关系曲线，见图 9—23(b)。

电压合成预置方式中的数模转换器是采用脉宽调制型，如图 9—24(a)所示。图中 13bit 数字比较器用来把输入的调谐电压数据和检索计数器送来的 13bit 计数脉冲做比较。当检索计数器计数到数字比较器的两个输入数据 A＝B 时，输出信号 $U_{A=B}$ 使 RS 触发器置位，$\overline{Q}=D_R=0$，直到检索计数器记满 2^{13} 个脉冲时，产生进位脉冲 C_r，它使 RS 触发器复位，$\overline{Q}=Q_R=1$。由图 9—24(b)脉宽调制数/模转换器时序图可知，输入的调谐电压数据不同时，RS 触发器输出的 D_R，和经开关管 VT 后输出的 D_{BT} 的脉宽也不同。因而 D_{BT} 的占空比 $\frac{T_D}{T}$ 与输入的调谐电压数据成正比，其关系式如下：



(a) 脉宽调制数/模转换器原理



(b) 脉宽调制数 模转换器时序图

图 9—24 脉宽调制数/模转换原理及时序图

$$\frac{T_D}{T}=\frac{D_n\cdot T_{CP}}{2^n\cdot T_{CP}}=\frac{D_n}{2^n} \qquad (9\text{—}23)$$

式(9—23)中 T_{CP} 为检索计数器的时钟周期，D_n 是输入的调谐电压数据，T_D 为 RS 触发器输出的 D_R 脉冲宽度。T_D 正比于 D_n，T 是调谐检索周期，n 为二进制码的位数。如用 D_R 去控制电源电压为 U_R 的开关管 VT，则开关管 VT 输出的倒相脉冲 D_{BT} 的幅度近似为 U_R，其占空比和 D_R 相同。此 D_{BT} 经低通滤波器平滑以后，得到直流电压 BT：

$$BT=\frac{U_RT_D}{T}=\frac{U_RD_n}{2^n} \qquad (9\text{—}24)$$

9.4.2 频率合成预置方式

1. 频率合成式预置电路的组成及工作过程

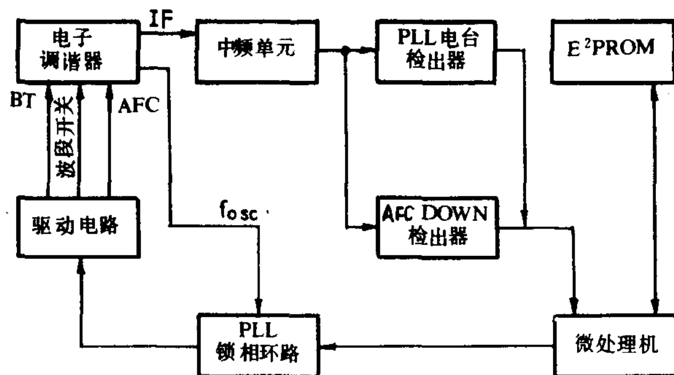


图 9—25 频率合成预置电路方框图

频率合成预置电路是一种锁相环(PLL)调谐系统，其构成如图 9—25 所示。

频率合成预置电路主要是由电子调谐器、中频单元、微处理机、PLL 电台检出器、PLL 锁相环路、AFC DOWN(AFC 降)检出器、E²PROM 存储器等组成。在预置时，微处理机通过改变 PLL 锁相环路中程控分频器的分频系数，进而改变降频比，使送入 PLL 锁相环路中的电子

调谐器本地振荡频率 f_{osc}，通过放大和降频处理后成为 f_L，并与基准频率 f_r 进行相位比较。在锁相环路中，因为降频信号 f_L 是在未调谐时与基准信号 f_r 进行相位比较，所以在相位误差检出器中必然产生相位误差信号。并且这误差信号随微处理机控制的程控分频器的分频比变化而变化。所以当这误差信号送入驱动电路放大成 BT 电压后，可用于调谐频率，使电子调谐器的本振频率 f_{osc} 随微处理机控制的程控分频器的分频比变化而变化。

当由低波段向高波段检索时，微处理机按图 9—26(a)框图工作；由高波段向低波段检索时，微处理机按图 9—26(b)框图工作，以校正调谐电压，进而调整电子调谐器的本地振荡频率。当检索到某一个电视台信号时，图像中放单元中的自动频率控制 AFC 开始工作，图像中放单元输出的合成图像信号被施加于 PLL 电台检出器进行同步分离。当确认有效同步存在后，PLL 电台检出器便输出高电平。同时中频单元 AFC 鉴频器输出的 AFC 自动频率控制电压，也经 AFC DOWN 检出器检出后，与 PLL 电台检出器的同步检出高电平一起送入微处理机。微处理机根据上述两种检出信号，产生向上微调或向下微调指令，使快速的搜索调谐变成慢速调谐，直到 AFC 入锁，检出调谐点，图像最佳时，程控分频器停止分频，调谐电压保持恒定。微处理机完成调谐检索后，将此时的主分频器

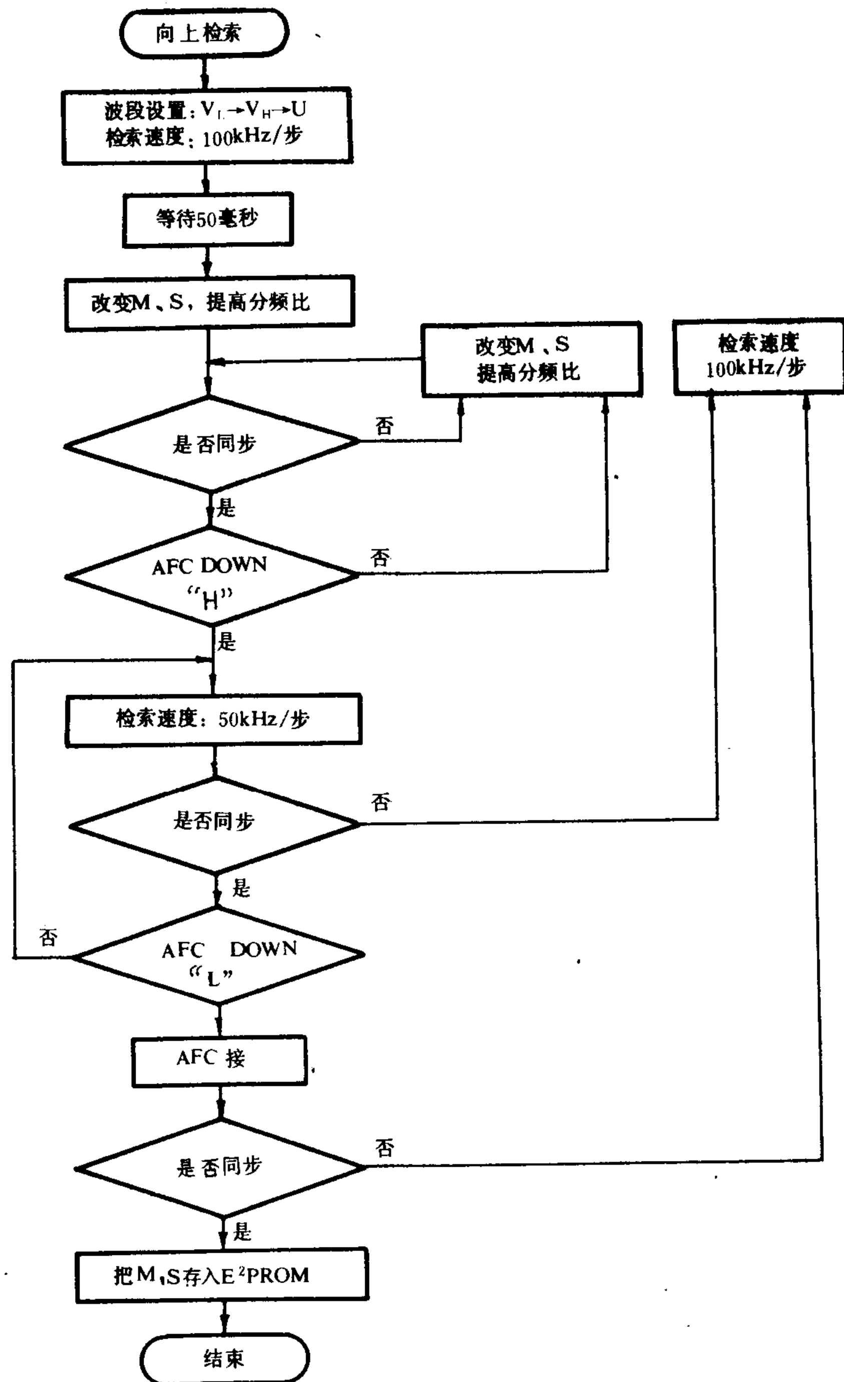
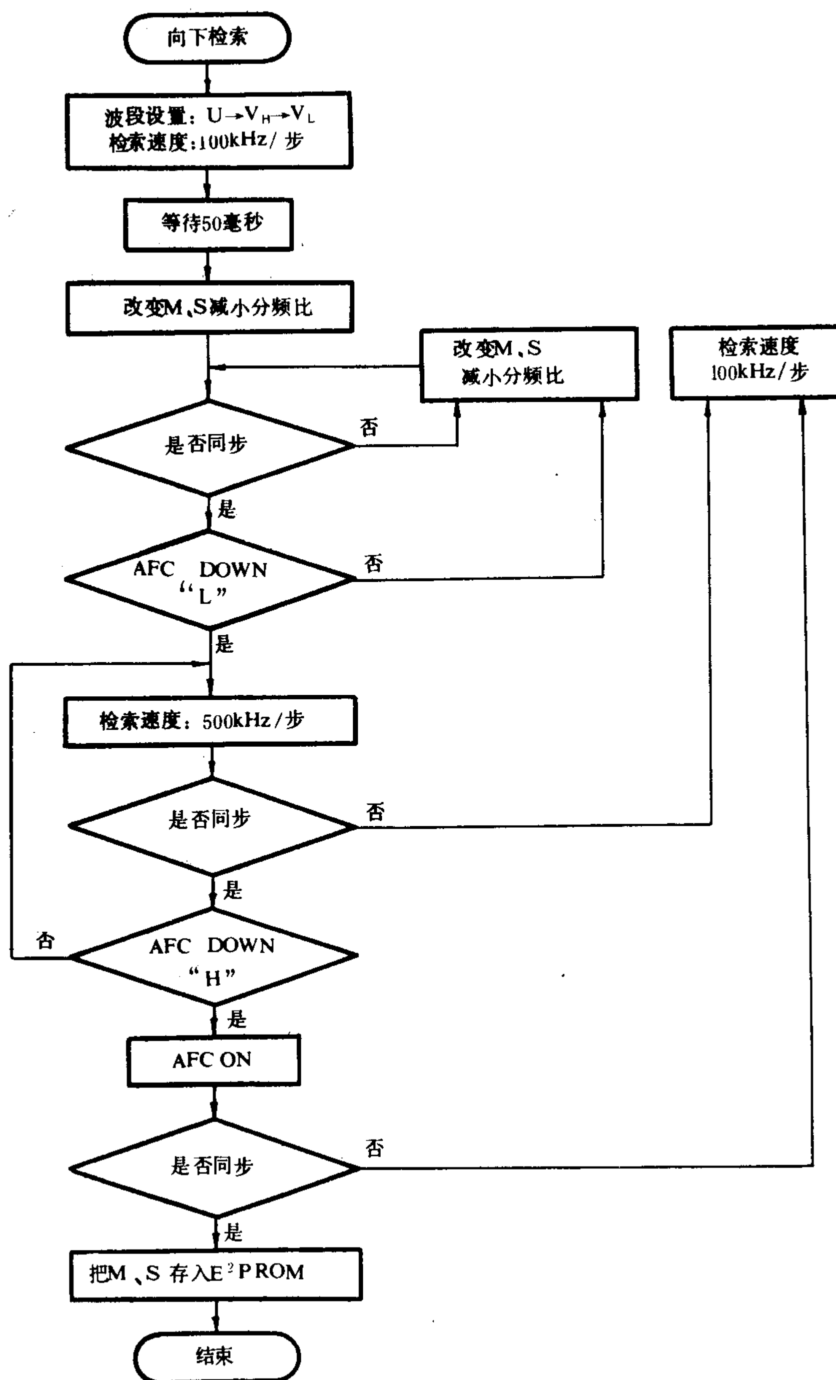


图 9—26(a) 向上自动检索流程图



(b) 自动向下检索流程图

图 9—26(b) 向下自动检索流程图

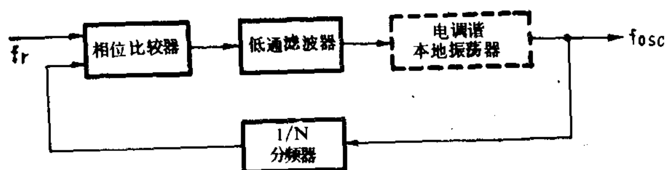
计数值 M、取消分频器计数值 S 和波段信息存入 E^2PROM 存储器。

当需要收看某一个已预置好频道的电视节目时，键盘或红外遥控接收机把待收看的电视频道的地址码送入微处理机。微处理机从 E^2PROM 存储器中读取相应的 M、S 等信息，用 19bit 串行码送入 PLL 锁相环路的程序可控分频器。程控分频器根据其中 D_{15}～D_{18} 4bit 波段信息，发出波段切控指令，使电子调谐器工作在相应的波段上。同时，程控分频器还根据微处理机送来的串行码中 D_0～D_{14} 15bit 的 M、S 计数值，确定分频系数 N。在锁相环路中，电子调谐器的本振频率 f_{osc} 经宽带缓冲放大，P_1 次前置分频和 P_2M+S 次程控分频，降为环路锁定频率 f_L。在相位误差检出器中，f_L 与基准频率 f_r(f_r 是由晶体振荡频率经 r 次分频而得，而且 $f_r \approx f_L$)进行相位比较。若两者有相位差，则相位误差检出器输出一宽度与相位差成正比的脉冲，再经低通滤波平滑成调谐电压，去反馈控制电子调谐器的本振，使其产生正确的频率和相位。因此锁相环路能迅速准确地锁定本地振荡频率，达到自动选台调谐的目的。

2. 频率合成预置电路的工作原理

由频率合成预置电路的工作过程可知，其关键电路是锁相环(PLL)电路。锁相环路如图

9—27(a)所示，其主要部分是相位比较器和分频器。相位比较器在前面已做介绍，在此不再重述。

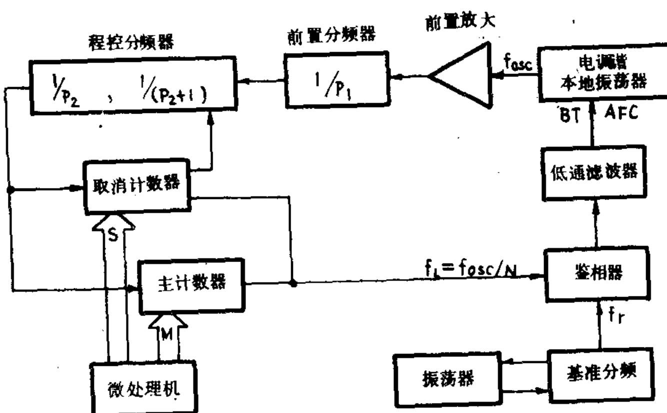


(a) 锁相环路方框图

如果设分频器的分频比为N，基准频率为 f_r，则锁相环电路的锁定频率可以表示为：

$$f_{osc}=N\cdot f_r \quad (9—25)$$

从式(9—25)中可以看出分频器的分频比与锁定频率成正比，因此用微处理机控制分频比，也就控制了锁定频率。频率合成预置电路的分频器采用的是程控分频器，如图9—27(b)所示。通常它是由一片集成电路来完成的，它和微处理机的通信是由图9—28所示的19bit串行码来完成。



(b) 程控分频器方框图

图9—27 锁相环路及程控分频器方框图

取消计数器计数值S和主计数器计数值M是集成电路制做时就进行了设置，并由微处理机来控制。根据S和M这两个计数值，便决定了程序可控分频器的分频比为$\frac{1}{P_2+1}$，其中P_2是主程序可控分频比。

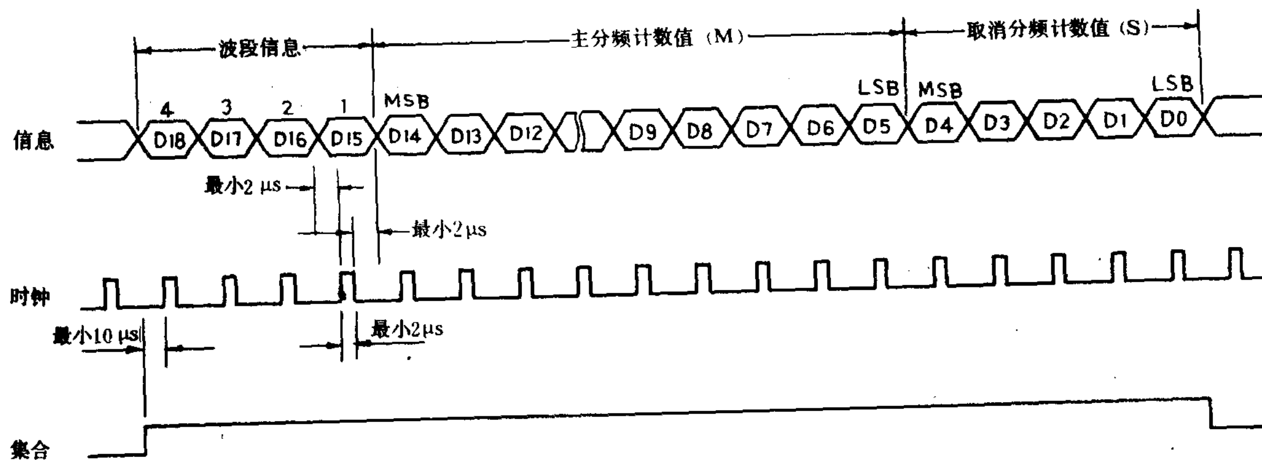


图9—28 波段/分频信息时间

当程控分频器开始计数时，取消计数器和主计数器在记录输入脉冲信号的同时，也在自减S和M这两个计数值。当取消分频计数值S减为0时，取消计数器已经计了S个脉冲。这时取消计数器停止计数，只由主计数器继续计数。根据S和M这两个计数值的变化，程序可控分频器的分频比也相应地改为$\frac{1}{P_2}$。在这种状态下，主计数器可记录P_2(M−S)个输入脉冲。也就是说，通过取消分频计数值S和主分频计数值M，可使取消计数器和主计数器在一个周期内一共计数$(P_2+1)\cdot S+P_2$(M−S)个输入脉冲。重复上述过程，分频器就可实现N的分频比。

$$N=P_1[(P_2+1)S+P_2(M-S)]=P_1(P_2M+S) \quad (9—26)$$

式(9—26)中 P_1 是前置分频器的分频比。将式(9—26)代入式(9—25)，那么电子调谐器将被锁定的本地振荡频率 f_{osc} 为：

$$f_{osc}=f_rP_1(P_2M+S)=f_{STEP}(P_2M+S) \qquad (9—27)$$

式(9—27)中 f_{STEP} 为步进频率。下面可通过一个例子来进一步说明。

〔例〕 CCIR 电视频道表中的 2 频道，它的本振频率 $f_{osc}=87.15$MHz。如果频率合成预置电路中选用的分频器是 TD6358P 集成电路，则从表 9—3 可知，TD6358P 集成电路的 $P_1=8$，$P_2=32$，$S=0\sim31$(二进制 5bit)，$M=32\sim1023$(二进制 10bit)，基准分频是 $2^9=512$，标准频率为3.2 MHz，则基准频率 $f_r=\frac{3200}{512}=6.25$kHz，由式(9—27)可知

表 9—3 几种程控分频器

项目 \ 品名	TD6350P	TD6358P	TD6359P	TD6382P
前置分频比 P_1	1/8	1/8	1/8	1/8
程序可控分频比 P_2	1/32，1/33	1/32，1/33	1/32，1/33	1/32，1/33
程序可控分频信息	14bit	15bit	15bit	15bit
(主)	9bit	10bit	10bit	10bit
(取消)	5bit	5bit	5bit	5bit
基准分频器	9bit	9bit	9bit	9bit
基准频率 f_r	7.8125kHz	6.25kHz	7.8125kHz	3.90625kHz
晶体	4MHz	3.2MHz	4MHz	4MHz
步进频率 f_{STEP}	62.5kHz	50kHz	62.5kHz	31.25kHz

$$f_{osc}=f_rP_1(P_2M+S)=6.25\times8\times(32M+S)\text{kHz}$$

因 $f_{osc}=87.15$MHz

所以 87.15MHz$=6.25\times8\times(32M+S)$kHz

即 $32M+S=1743$

$=000011011001111$(二进制)

↓ ↓

M S

得：$M=54$，$S=15$

也就是说在预置 CCIR 的 2 频道时，主分频器计数值 M=54 和取消分频计数值 S=15 时，图像调谐最佳。这时将 M、S 存入 E²PROM 存储器，预置自动停止。当要收看 CCIR 的 2 频道时，微处理机便从 E²PROM 存储器中读取出主分频计数值 M 和取消分频计数值 S，用 19bit 串行码送入程序可控分频器，根据式(9—26)使分频比为：

$$N=P_1(P_2M+S)=8\times(32\times54+15)=13944$$

将 N 代入式(9—25)，则：

$$f_{osc}=N\cdot f_r=13944\times6.25=87.15\text{MHz}$$

从而使电子调谐器得到准确的 CCIR2 频道的本地振荡频率，并迅速进入最佳调谐状态。目前已有一些电子调谐器将全频道的 M、S 计数值固化在 ROM 存储器中，并和 PLL 锁相环路一起装入电子调谐器中，因而使频率合成电路省去了 E²PROM 存储器和预置电路，结构大为简化，也使用户免去了预置、存储之劳。收看时只需按动相应的频道键即可。

频率合成预置电路调谐点的检出，是依靠行同步鉴别器和自动频率控制比较器（AFC DOWN）与微处理机之间的不断校准作用完成的，具体检出最佳调谐点的步骤如下：

① 微处理机对电视频道进行检索，自低频向高频扫描，每一步以 100kHz 为单位。在检索的同时，微处理机查寻行同步鉴别器的电平。

② 当同步信号存在时，同步检出电平由低变高，微处理机则认为检索到了一个有信号的频道，从而进入细调模式，以 50kHz 为一步，并查寻 AFC DOWN 信号的电平。

③ 当 AFC DOWN 信号电平由高变低时，微处理机改变检索方向，向回扫描，即自高频向低频扫描。

④ 当 AFC DOWN 信号电平再由低变高时，微处理机则认为已检出了最佳调谐频率，从而停止检索动作，将计数值存入 E^2PROM 存储器。

行同步鉴别器如图 9—29 所示。它是由同步分离器、行频振荡器、行同步检出器和自动频率控制电路组成。振荡频率是由 RC 时间常数而决定，RP 用以调整频率为 15.625kHz。行同步检出器由晶体管 VT1 和 VT2 构成的与门、RC 积分器及 VT3 输出级组成。当合成图像到来时，同步分离器分离出行同步信号。行同步信号和行振荡信号同时到达 VT2、VT1 的基极。此时与门检出行同步信号，再经 RC 积分器积分后在 VT3 集电极输出高电平同步检出信号 SD。

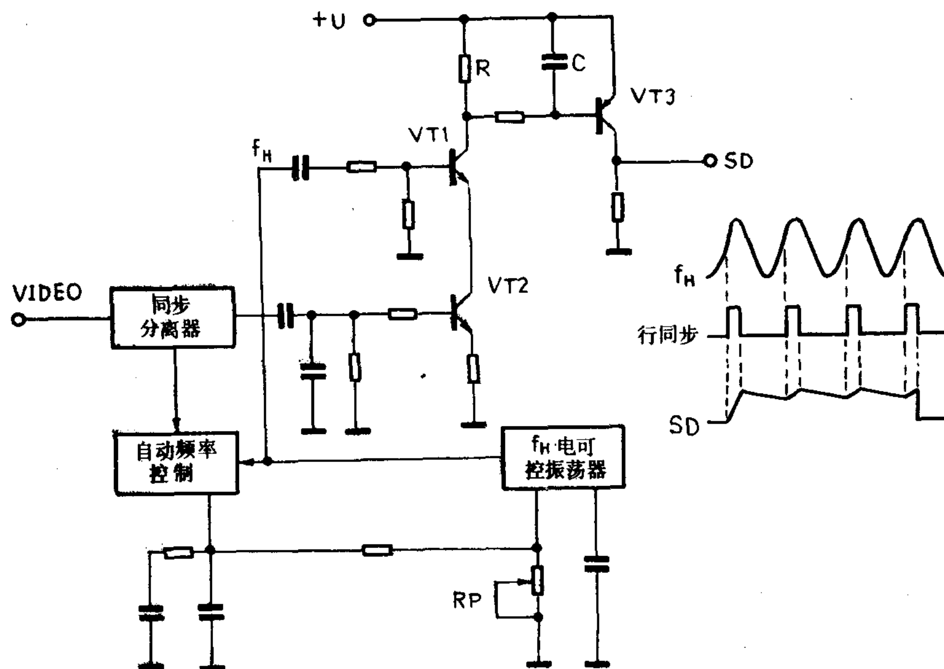


图 9—29 行同步鉴别器

图 9—30 是一种录像机用频率合成预置器的方框图。它是由 AFC DOWN 检出电路、PLL 电台检出电路、PLL 锁相环电路、波段解码器、低通滤波器、E^2PROM 存储器、微处理机和电子调谐器、中频单元等组成。微处理机通过键盘和红外遥控接收器来接收指令。波段解码器控制电子调谐器的波段转换，同时它自己通过两个齐纳二极管直流电平的变化，从 PLL 环路的第⑪脚和第⑫脚接收 2bit 的波段转换信息。

PLL 环路中的程序可控分频器通过三条信息总线接收微处理机发出的 19bit 串联波段信息、分频比信息，并将 4bit 的串联波段信息（实际使用 2bit）变换为 4bit 的并联波段信息，然后由波段缓冲器从 D132 第⑪脚和第⑫脚输出。波段解码器通过对这些 2bit 信息进行解码，从而选择适当的波段转换信息，由 N801⑮～⑱脚送入电子调谐器实现波段转换。

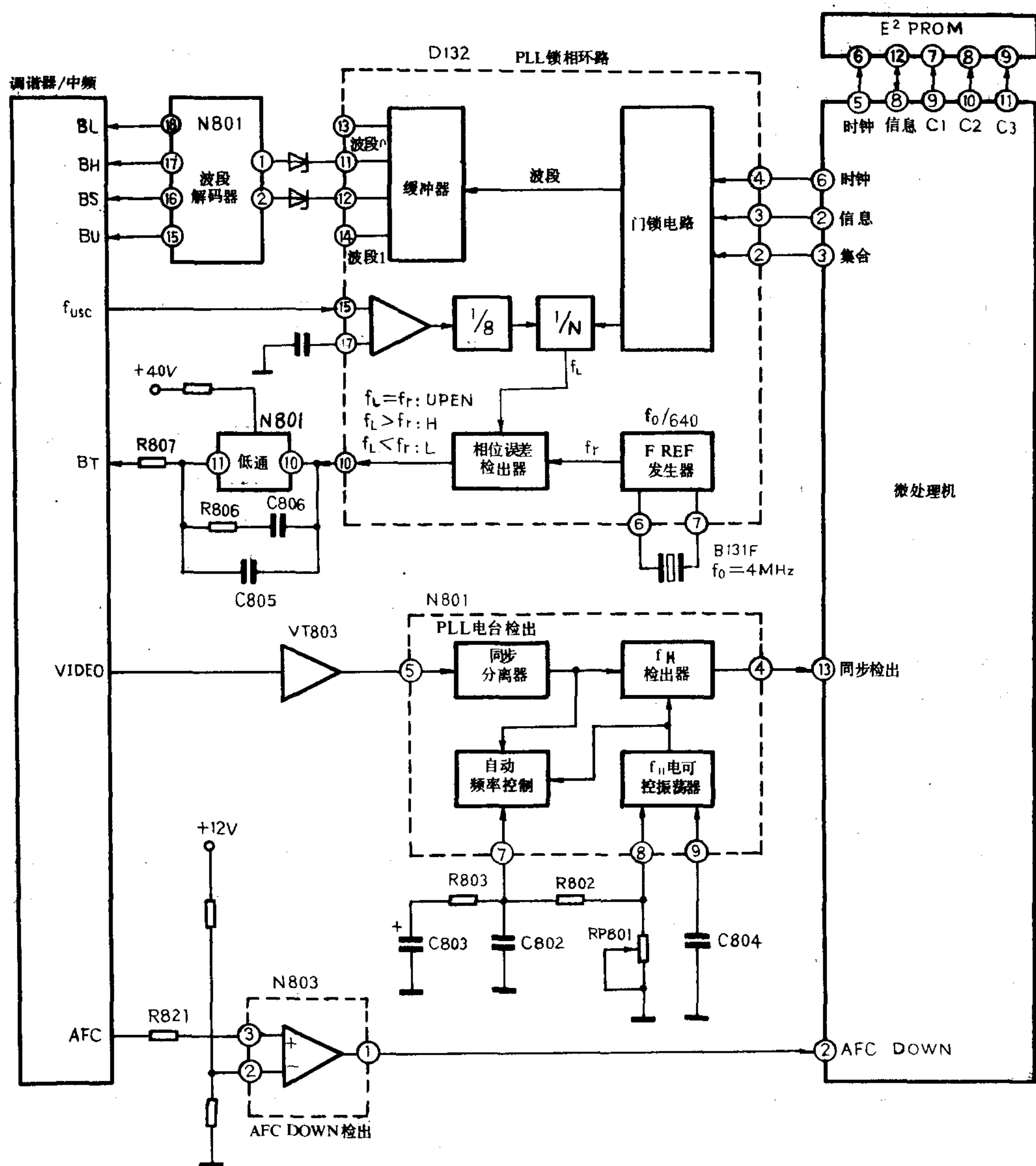


图 9—30 频率合成预选电路实例

频率合成电路中的电台检出器包括同步分离电路、行频检出电路、自动频率控制电路和行频振荡器。振荡频率是由 N801 第⑧脚和第⑨脚上的 RC 时间常数决定的。RP801 是用来调整频率使其为 15.625kHz。由电子调谐器、中频单元解调下来的视频图像信号，通过缓冲器送入电台检出器的第⑤脚。电台检出器将其行同步信号和内部振荡频率相比，并确认有效同步信号。如有效同步信号存在，PLL 电台检出器的第④脚则输出高电平。

在预置程序时，微处理机通过读取与 PLL 电台检出器第④脚相连接的第⑬脚的电平变化来判别有效同步信号是否存在。当同步信号存在时，微处理机则认为检索到了一个有信号的频道，从而进入细调状态。在细调状态期间，微处理机②脚接收从电子调谐器、中频单元来的 AFC DOWN 信号，用以正确地锁定信号频率。AFC DOWN检出电路实际上是一种电压比较器，它将来自电子调谐器、中频单元的AFC电压与自身的基准电压（约 6V）相比，以产生 AFC

DOWN信号。当 AFC DOWN信号由“高”改变为“低”，或由“低”改变为“高”时，就表示电子调谐器的图像中频已被调谐准确。

调谐电压是由相位误差检出器产生的。在 PLL 锁相环路中，内部振荡器通过第⑥脚和第⑦脚之间的 4MHz 晶体产生 4MHz 时钟脉冲。这时钟频率被除以 640 后成为 6.25kHz 的标准信号 f_r。同时 PLL 锁相环路将电子调谐器送来的本地振荡频率 f_{osc}分频成 f_L，并将这降频的本地振荡频率 f_L 和标准信号 f_r 进行相位比较，从而产生误差输出信号。相位误差检出器用输出的误差信号，调制调谐脉冲信号的占空比，使其成为脉宽调制信号，并通过第⑩脚送给低通滤波器的第⑩端。低通滤波器、电容器 C805、C806 和电阻 R806 组成的网络将脉宽调制信号改变成直流调谐电压 BT。由调谐电压决定电子调谐器的本地振荡频率。本地振荡器的频率 f_{osc}再反馈回到 PLL 锁相环路的第⑮脚上，通过第⑮脚送入分频电路。

分频电路是由$\frac{1}{8}$前置分频器和$\frac{1}{N}$程控分频器组成。分频比 N 是由微处理机决定的。程序可控分频器和微处理机之间的信息传递是由它们之间的信息总线来完成的，如图 9—28 所示。被传送的分频比是由 10bit 串行主分频计数值 M 和 5bit 串联取消分频计数值 S 而构成。分频比 N 和本地振荡频率可通过式(9—26)和(9—25)决定。

当预置好所接收的电视频道时，按下存储键，微处理机就将这时的波段信息，主分频计数值 M 和取消分频计数值 S 存入 E^2PROM 存储器中。在预选结束后，收看选择的电视节目时，微处理机从 E^2PROM 存储器中读取相应的波段信息、主计数值 M 和取消计数值 S，以做出分频比、波段代码等调谐信息，并将这信息送入 PLL 锁相环路。

通过对电压合成预置方式和频率合成预置方式的介绍，我们可以看出电压合成预置方式与频率合成预置方式，虽然它们所选用的电子调谐器的调谐结构基本相同，都是由 L、C 网络来实现，而且在波段转换上均采用开关二极管，调谐频率由脉宽调制脉冲经低通平滑成 BT 电压，控制变容二极管来完成，其信息也都存入 E^2PROM 存储器，并可由遥控器来操作。但是它们是两种截然不同的数字预置方式。电压合成预置方式是由微处理机根据键控指令，通过 D/A 转换器单向控制电子调谐器(在预置时)，是一种半自动无反馈的方式。而频率合成预置方式是锁向环网络，因而是双向有反馈的自动预置方式。但是电压合成预置方式与频率合成预置方式各有千秋，我们可以通过表 9—4 自行对此两种预置方式做一简单的比较。

表 9—4　　电压合成与频率合成预置方式的比较

项目	电压合成方式	频率合成方式
基本结构	D/A 转换	锁相环
记忆内容	调谐电压数字信号	计数值 M、S 或固化 M、S
E^2PROM 存储器	必要	固化 M、S 则不用
频道预置	键控、监视(半自动)	CPU 计算 M、S 分频比(全自动)固化 M、S 则不用预置
频道预置数	较多	多
调谐准确度	较好	好
结构	简单	复杂
成本	低	较高

第十章 辅助电路

录像机除去控制系统电路、视频电路、音频电路、伺服电路和高频电路以外，还包括电源电路、显示电路和遥控电路等附加功能电路，这些电路我们统称为辅助电路。虽然这些辅助电路不是录像机记录或放像的主体电路，但是它们的作用却很重要，有些是录像机工作不可缺少的，有些为用户提供了方便。下面我们就家用录像机的电源电路、显示电路和红外遥控电路进行讨论。

10.1 电源电路

10.1.1 录像机电源的组成

录像机电源电路是录像机的基础电路，它供给录像机各种电路所需要的各种工作电源，保证其正常工作。由于录像机是机电结合的产品，工作当中既有电动机、螺线管、继电器等所需要的大电流，又有预放器、微处理机等 *CMOS* 集成电路因工作而需要的低噪声、小电流。所以录像机电源供电种类繁多，电流变化大。例如录像机的停机状态与记录或重放状态相比，其所耗功率相差一倍多，就是说其负载变化很大。在录像机中，直流稳压电源质量的好坏会直接影响录像机的伺服、走带及其图像与伴音的质量。为此录像机对其直流稳压电源提出了较高的要求，要求电源的纹波电压、输出噪声及电源内阻都要小，并有良好的稳压特性和对温度环境的适应特性。换句话说，不论电网电压的变化或电源直流输出负载电流的改变，还是电网输入端窜入了干扰，输入的交流电压经整流、滤波、稳压后，应能滤除由电网窜入的各种干扰，得到干净稳定的直流电压。直流电源上的 50Hz 与 100Hz 纹波应小于 5mV。另外，录像机稳压电源应具有较小的内阻，一般要求在 0.3Ω 左右，这样才能保证稳压特性，且能使各部分电路之间的信号不会通过电源而形成相互干扰或自激。虽然录像机通常是在室内使用，环境温度变化不大，但由于在稳压电源电路中有变压器、调整管等器件，这些器件有较大的功率损耗，因而散发出较大热量，使机内温度升高。稳压电路中的器件如二极管、稳压管、晶体管等，在温度较高情况下工作，会造成直流工作点漂移，特性变坏，从而引起输出直流电压变化，影响整机正常工作，严重时甚至可能使元器件损坏。为此要求录像机电源及稳压电路受温度影响要小。

电源电路除要供给不同电路的不同电压外，还分受控与常供电源两种。所谓受控电源，是指录像机在关机后，由微处理机控制电源，可将其切断。反之则为常供电源。视音频电路在工作时，一般需要受控 12V 供电。伺服电路由于连接的是磁鼓电机和主导轴电机，为了减小电机工作时对其它电路的干扰，所以伺服电路的驱动部分采用的是电机专供 12V。而对于伺服电路本身，有的则使用常供 12V，有的选用受控 12V，这与机心上电机的数目有关。对于两电机的机心，即只有磁鼓电机和主导轴电机的机心，或没有带仓、加载电机的三电机机心来说，由于其主导轴电机要兼顾带仓、加载电机的功能，所以伺服电路需要常供电源供电，以便在关机后仍然能接收微处理机的指令，控制主导轴电机去执行入带和出带操作。对于带有带仓、加载电机的

三电机机心或含有三个以上电机的机心，由于主导电机不兼做它用，所以伺服电路使用受控12V供电。系统控制电路中的微处理机一般采用5V供电。由于微处理机需要控制录像机的各种工作状态，包括关机和开机，所以只要电源插头一接上市电，不论录像机电源开关开通与否，微处理机都必须开始工作，因而这就需要有常供电源。微处理机的常供电源通常取自常供12V，经稳压后成为5V，供微处理机工作。此外，如果机心上没有带仓、加载电机，这类电机通常是由系统控制电路直接控制。所以带有控制带仓、加载电机的系统控制电路，其供电还需要有电机专供12V。录像机的高频系统一般采用12V供电，既包括受控12V，也包括常供12V。对于电子调谐器的波段切换电压，电子调谐器和中频单元、RF变换器中的调制电路等，通常使用受控12V。而对于RF变换器的天线放大器，因需要供电视机接收其传送的电视信号，所以无论录像机开机与否，都要正常工作，故而选用常供12V。高频系统中的电视频道预置电路需要+30V供电，用以产生*BT*电压，供电子调谐器选台。而显示电路的多功能显示屏，则需要－30V电压和交流4.5V电压，分别作为截止电压和灯丝电压。综上所述，录像机电路需要的供电种类是多种多样的，但归纳起来，可分为交流4.5V，直流5V、9V、12V和正负30V等6～7种电压，而且它们中还分为受控和常供两类。

目前，录像机正朝着低功耗的方向发展，新一代的录像机普遍使用CMOS低电压的集成电路，所以视频电路、音频电路、伺服电路和RF变换器等使用5V供电的越来越多，9V供电已开始被取代，12V供电也相应地减小。图10—1所示的电源方框图是一种最常用的电源电路组成形式。当通过电网输入交流电压后，交流电压220V先经过线路输入滤波器，滤除各种干扰，再由电源变压器变换，在电源变压器的次级分成四组，分别为交流7.5V、两路15V、33V和4.5V电压。其中7.5V电压通过整流、滤波后获得9V直流电压，再经稳压器和受控开关，最后输出受控5V直流电压，供录像机的视频电路、音频电路、伺服电路等用电。两路主流15V电压分别进行整流、滤波以产生两路直流18V，再经各自稳压器稳压后，成为两路12V直流电压。这两路12V直流电压，一路作为录像机的电机驱动电压；另一路又分为受控12V和常供12V。而其中受控12V与受控5V一样，由微处理机控制，根据开关键控指令供录像机的视频电路、音频电路、伺服电路和高频电路等工作用电。当微处理机收到电源接通的键控指令或由定时程序决定使录像机开始工作时，微处理机输出高电平，控制开关管导通，将12V、5V直流电压供给各个

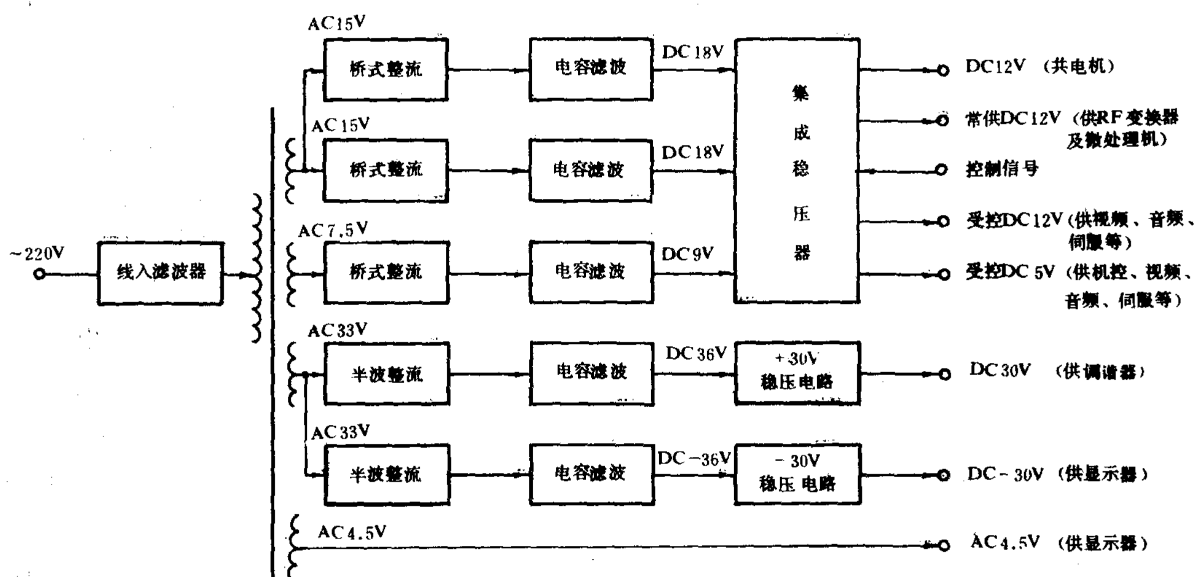


图10—1 录像机电源方框图

电路。反之，则切断 12V、5V 供电，使整机处于待命状态。此时整机功耗最小，约为记录或重放时功耗的$\frac{1}{3}$。为了减少各电路之间的相互干扰，受控 12V 与受控 5V 直流电压供电通常采用并联输出方式。而常供 12V 主要供 *RF* 变换器，同时稳压后作为微处理机的供电。交流 33V 电压通过整流、滤波及稳压电路，将其变成±30V 直流电压。+30V 电压供给录像机高频系统的调谐电路；直流−30V 电压施加于定时电路的微处理机，用以产生控制荧光显示屏发光的截止电压。交流 4.5V 则直接作为灯丝电压，供荧光显示屏使用。录像机的供电种类及用途如表 10—1 所示。

表 10—1　　录像机的供电种类与用途

序　　号	种　　类	用　　　途
1	交流 4.5V	多功能显示屏的灯丝电压
2	受控 5V、12V	视频、音频、伺服、高频等电路的主要供电
3	常供 12V	*RF* 变换器，调整后供微处理机及系统控制电路
4	电机 12V	电机
5	+30V	电子调谐器的 *BT* 电压
6	−30V	多功能显示屏截止电压

在录像机供电系统中，常采用各种保护电路。如过流保护电路、过热保护电路和熔断电阻等，用以防止由于电源输出端短路或由于机械故障而造成的电机电流激增而烧坏电机。在这时稳压电路能自动关断，从而保护电源电路和电机免受损坏，以提高整机的可靠性。

目前录像机电源正朝着高效率、低功耗和集成化方向发展，开关电源在录像机中应用越来越多。一般模拟电源的效率较低，约为 50%，而开关型稳压电源效率可高达 80%至 90%左右。这不但可以提高录像机电源的效率，节约能源，而且能减小机内的温升，缩小体积，减轻重量，使电源电路小型化。随着集成电路技术的日新月异，录像机稳压电路也迅速集成化。目前多路可控集成稳压器的出现，取代了分立元件稳压器和三端集成稳压器，使录像机的体积、重量及可靠性等指标大大提高。

10.1.2　录像机模拟式电源实际电路分析

图 10—2 为 JVC 公司生产的录像机所采用的一种电源。从图中可以看出，它是由电源变压器、整流电路，滤波电路及稳压电路等部分组成。

1. 整流滤波电路

输入的 220V 交流电源首先通过线路输入滤波器 Z1、Z2 及 C101，滤除电源中的干扰，然后经电源变压器 T1 变换，在次级获得 4 组交流低压。在电源变压器初级电路中，交流保险丝 FU1 和装在变压器内的热熔断器 FTF 的作用是为了保护电源变压器及整机。当电源变压器绕组短路或初级局部短路，引起输入电流超过 630mA 时，保险丝 FU1 立即熔断，而当变压器功耗过大，温度升高超过允许温升时，FTF 就熔断，以避免整机烧坏。

电源变压器次级 6 和 7 端引出的次级电压经 FU2 熔断器后，一分为二，一路送 VD1～VD4

图 10—2 JVC 公司生产的 VHS 录像机中的一种电源

组成的桥式整流电路。它的直流电压(平均值)为半波整流的两倍,即$\overline{U}_0=2\times0.45U_{67}=0.9U_{67}$。在桥式整流电路中,$U_0$ 的周期是 U_{67}的一半,固而其基波频率为 100Hz,其基波最大值 U_{01m}为 $\frac{2}{3}\cdot\frac{2\sqrt{2}}{\pi}U_{67}$。所以桥式整流的脉动系数 $S_0=\frac{U_{01m}}{U_0}\approx0.67$。由于在桥式整流情况下,两组二极管轮流导通,所以每个二极管的正向电流只是$\frac{1}{2}\overline{I}_0$,其最大反向电压与半波整流一样,等于 $\sqrt{2}U_{67}$。

桥式整流的输出接电容 $C1$,滤波后得到+18V 未稳压的直流电压。经过电容滤波后的直流电压值与电容的大小、负载电阻的大小有关。当 $R_LC=(2\sim5)\frac{T}{2}$时,桥式整流电路滤波后输出电压平均值 $\overline{U}_{C1}\approx1.2U_{67}$,脉动系数 $S_1\approx\frac{T}{4R_LC_1-T}$,其中 T 为电网交流电压的周期,R_L 为负载电阻。由此可知,当 R_L 变化时,如停机与放像,其端电压要随之变化。为了改善这种状况,通常要求滤波电容与负载电流有如下关系

$$C=(1500\sim2000)I_L(\mu F) \tag{10—1}$$

由式(10—1)式可知,连接器 $XS1$①端的输出电流应约为

$$I_{01}\approx\frac{C1}{2000}=\frac{2200}{2000}\approx1A$$

$$U_{67}\approx\frac{\overline{U}_{C1}}{1.2}=\frac{1.8}{1.2}\approx15V$$

当然,这是我们倒推的,在实际设计中应是先知道负载电流,负载电阻,然后选择 U_{67}及 $C1$ 的容量。

由于分立器件组成的桥式整流电路散热性好,适合于较大电流工作,因此这一路是为录像机中电机供电用。另一路由 VDS1 桥式整流及电容 C2 滤波,也取得+18V 未稳压的直流电压。这里 VSD1 是用组合式全桥,所以体积小,对称性好,整流质量高,固其输出供给录像机电路。整流二极管 VD1、VD3 两端并联电容器 C9,目的在于抑制浪涌电流,防止整流二极管损坏和高频干扰。当有高频干扰通过二极管时,由于二极管非线性作用,干扰信号会产生倍频及高次谐波,造成辐射干扰。此外当浪涌电流出现时,电容器 C9 也能起到缓冲作用,防止整流二极管因瞬时电流太大而损坏。FU2 是次级保险丝,如整流二极管击穿或其它元件短路,引起 6 和 7 端次级电流大于 2A 时,FU2 熔断,从而防止电路中其它元器件因电流过大而烧坏。

电源变压器 8 和 9 端引出的次级电压经 FU3 熔断器后,通过 VD5~VD8 整流二极管组成的桥式整流及电容器 C3 滤波,取得未稳压的+9V 直流电压。由于这一路是为系统控制电路供电,所以要求纹波小,电容 C3 取值较大。

变压器 10 和 11 端引出的次级电压在熔断电阻 FR1 前就分出一路,经 R2 和 VD11 送往显示电路,作为电压控制基准。其余部分经熔断电阻 FR1 后分为两路,一路通过二极管 VD9 半波整流。其输出电压 $U'_0=0.45U_{10-11}$。所以半波整流输出电压的脉动系数 $S'_0=\frac{U_{01m}}{\overline{U'_0}}\approx\frac{0.7U_{10-11}}{0.45U_{10-11}}\approx1.57$。

我们可以看出,半波整流纹波大,直流成分比较低,其输出电压平均值 $\overline{U}'_0$ 和脉动系数 S'_0 均只有全波整流的一半。但由于该路负载轻,输出电流小,由(10—1)式可推知,$I_{02}=\frac{C5}{1500}=\frac{100}{1500}\approx70mA$,所以经稳压后可以弥补上述缺陷。二极管 VD9 的整流输出,送电容 C5 滤波,取

得＋45V 未稳压直流电压，供预置电路使用；而另一路由 VD10 整流及电容 C4 滤波。因为 VD10 在 U_{10-11}的负半周导通，所以得到－42V 未稳压直流电压，经调整后作为荧光显示器的栅极截止电压。电源变压器次级 12 和 13 端引出的交流 4.5V 电压则直接送给显示电路，作为荧光显示器的阴极电压。

2. 稳压电路

图 10—2 所示电源采用集成稳压器和串联型稳压电路。未稳压＋9V 直流电压和两路未稳压＋17V 直流电压分别送入集成稳压器 N801 的第②、⑪和第⑧脚。N801 是多路固定输出电压式集成稳压器，它包括两个 12V 稳压器，一个 5V 稳压器和一个控制开关及过流、过热保护电路。从⑪脚引入的＋17V 直流电压，经电机 12V 稳压器后，由电容 C801 再次滤波，然后输出一个稳定的＋12V 电压，作为电机驱动电压。第⑧脚引入的＋17V 直流电压，由未受开关控制的(UNSW)＋12V 稳压器稳压后一分为二，一路由第⑥脚输出，供给 RF 变换器的天线放大器和系统控制电路中的微处理机及相关电路，以便在整机待命时可以控制整机状态；第二路则送入 12V 开关控制器(SWD)，再由第④脚输出，经 C803 二次滤波输往录像机的视频、音频、伺服和调谐器等电路。第②脚引入的＋9V(7.9V)直流电压由受控(SWD)5V 稳压器调整成为稳定的＋5V(5.3V)电压，从第③脚送出，再经电容 C804 滤波后，作为视频电路、音频电路、伺服等电路的供电。第③脚输出的＋5V 电压与④脚输出的＋12V(12.2V)电压均受控于第⑤脚。当第⑤脚收到来自微处理机的高电平时，切断③脚和④脚的输出，于是受控 5V 和受控 12V 输出为 0，此时录像机停止工作，处于待命状态。

未稳压的－42V 直流电压，经 VT1 等组成的串联简单稳压后成为－30V 直流电压。该电路中 VT1 是调整管，它与 VD12、R3 和 R6 组成串联式稳压电路。

由于这种电路采用射极跟随器形式，从而使稳压电路内阻比简单的二极管稳压电路减小了(β＋1)倍，并且可以用小功率稳压二极管和功率较大的晶体管来获得较大的输出电流。

10.1.3 集成稳压器

集成稳压器是继运算放大器之后迅速发展起来的又一类线性集成电路，它为电源的集成化和小型化开辟了新的途径。集成稳压器与分立元件的稳压器相比，具有以下 4 个特点：

① 集成稳压器可以用较多的晶体管来提高稳压控制环路的增益，以改善稳压特性。

② 用较为复杂的电路，产生具有零温度系数的基准电压，从而保证输出电压的稳定性。

③ 在芯片中设有各种较完善的保护电路，具有灵敏、可靠的保护功能。

④ 虽然集成稳压器内部电路中元器件的数量增加很多，但是它仍然具有体积小，重量轻，成本低，使用简单可靠的优点。

鉴于上述特点，集成稳压器近年来发展很快。目前集成稳压器已发展到数百个品种。这些品种按其工作方式可分为串联调整式稳压器、并联调整式稳压器和开关调整式稳压器。若按其外型结构来分，又可分为三端式稳压器、多端式稳压器、固定式稳压器和可调式稳压器。但不论那种稳压器，它都采用了很多基本的模拟集成电路的方法，诸如偏置电路、恒流源电路、基准电压源电路和各种形式的差分放大器及共射放大器电路等。此外还有集成稳压器中所特有的保护电路和启动电路。

图 10—3 是集成稳压器的基本结构（示意图）（图中虚线框内不属于稳压器）。可见，它是由基准电压源电路、误差比较放大器、取样电路、调整电路、启动电路和保护电路、恒流源等组成。

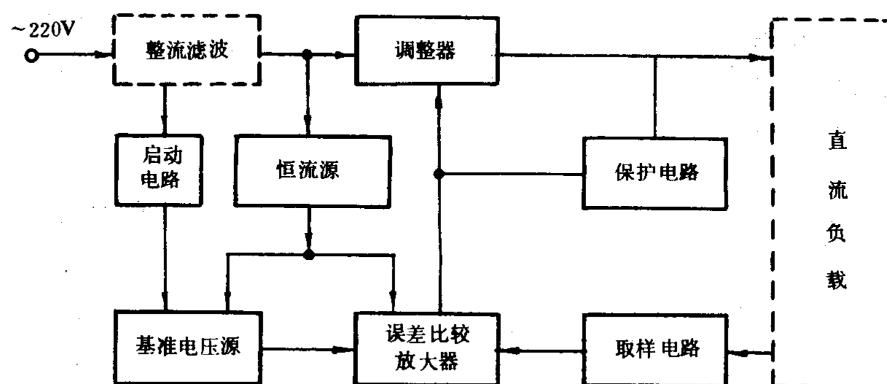


图 10—3 集成稳压器的基本结构

10.1.4 开关电源电路

开关电源是一种高频电源变换电路。由于开关电源工作在开关状态，开关晶体管功率损耗较小，电源功耗低，转换效率高，温升低，滤波电容容量也小，稳压范围宽，甩掉了体积大、重量重的电源变压器，从而获得体积小、重量轻、效率高的直流稳压电源。所以，它在录像机中得到了广泛的应用。

1. 开关电源电路结构

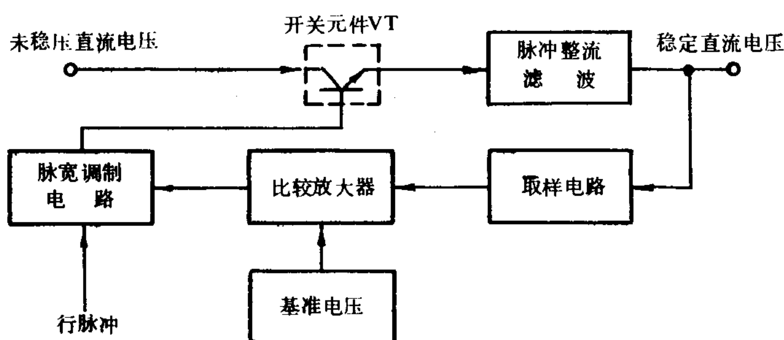


图 10—4 串联型开关电源方框图

开关电源种类很多，有按开关晶体管的连接方式分类，也有按开关电源所用器件分类。如果按开关晶体管的连接方式分类，可分为串联型开关电源、并联型开关电源和脉冲变压器耦合型并联开关电源，如图 10—4、10—5、10—6 所示。

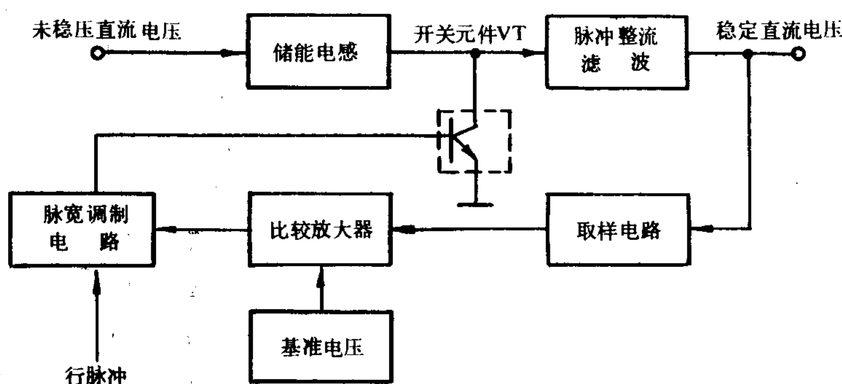


图 10—5 并联型开关电源方框图

图 10—4 为串联型开关电源方框图。开关晶体管 VT 串联在输入电压与输出负载之间。工作时脉宽调制电路输出开关脉冲，控制开关晶体管 VT 的输出脉冲占空比，使输入与输出之间周期性地闭合与断开，从而将输入的不稳定的直流电压，通过开关晶体管的通断调整输出脉冲电压，再经过整流滤波后，取得稳定的直流电压。

图 10—5 是并联型开关电源方框图，开关晶体管 VT 与输入电压及输出负载并联。工作时脉宽调制电路输出开关脉冲，控制开关晶体管 VT。同时取样信号与基准电压比较，将其误差电压由比较放大器放大后去控制开关脉冲的占空比，来稳定输出直流电压。

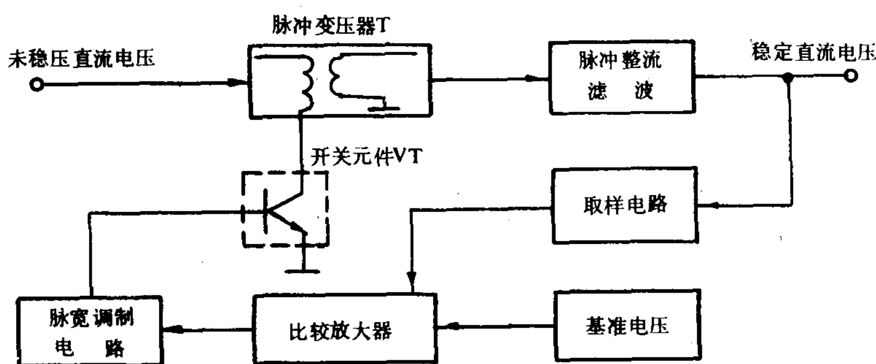


图 10—6 脉冲变压器耦合型并联开关电源方框图

脉冲变压器耦合并联型开关电源方框图如图 10—6 所示。开关晶体管 VT 与脉冲变压器 T 初级并接在输入端。开关晶体管 VT 在开关脉冲的控制下，导通和截止。其集电极输出脉冲电压，通过变压器 T 耦合到次级，经整流滤波后获得直流输出电压。

另一方面，如果按开关电源所用器体分类，则可分为脉冲变压器型开关电源，用电容、电感和二极管转换电压的开关电源(L、C、D 型开关电源)以及用电容、二极管转换电压的开关电源(C、D 型开关电源)，其电路如图 10—7、10—8、10—9 所示。

其中脉冲变压器型开关电源按其工作方式又可分为 5 类，即单端反激式、单端正激式、推挽式、半桥式和全桥式开关电源。单端式仅有一个开关晶体管。推挽式亦半桥式采用两个开关晶体管。全桥式采用四只晶体管。这 5 类开关电源传输的功率各不相同，如表 10—2 所示。

表 10—2　　各类电源的传输功率范围

电路种类	传输功率范围
单端反激变压器	20～100W
单端正激变压器	50～200W
推挽式变压器	100～500W
半桥式变压器	100～700W
全桥式变压器	500～2000W

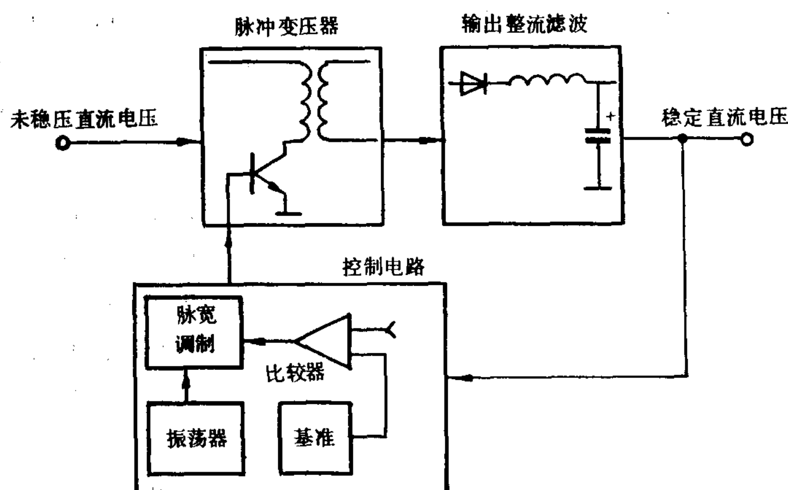


图 10—7 脉冲变压器型开关电源结构

L、C、D 型开关电源或 C、D 型开关电源是用一组或两组开关元件，利用电源、电容和二极管的不同组合，从而实现升压、降压和反转三种开关电路结构。

在录像机中普遍采用的是脉冲变压器耦合型并联开关电源，激励方式多为自激式或独立振荡器激励的他激式，稳压的控制形式则多采用脉冲宽度调制方式。这类电路的特点就是具有脉冲变压器，直流稳压是从变压器次级绕组的脉冲电压经整流滤波而

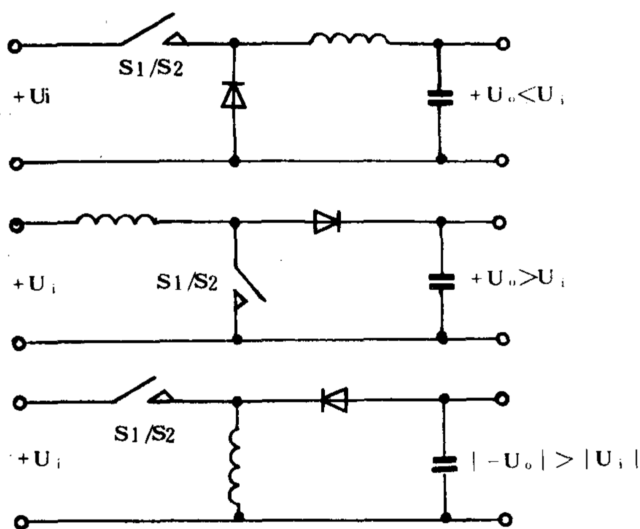


图 10—8 L、C、D 型开关电源结构

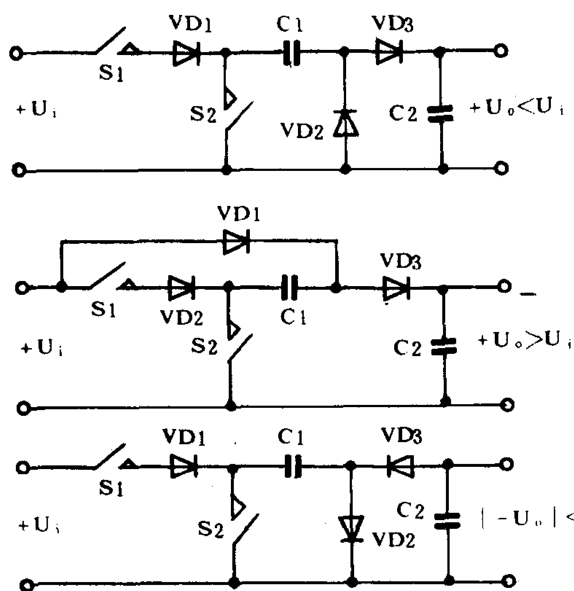


图 10—9 C、D 型开关电源结构

来。录像机用开关电源与电视机使用的开关电源是不同的。在彩色电视机中主要使用串联型和并联型开关电源，也有使用脉冲变压器耦合型并联开关电源的，所以彩色电视机多为热机心，即底板带电。而录像机由于需要线路输入/输出，必须是冷机心，即底板不带电。因而录像机只使用脉冲变压器耦合型并联开关电源，使初次级隔离，且由于录像机功耗只有 20W 左右，所以使用单端反激变压器。再有，在电视机中，开关电源的振荡多为用行同步信号反馈触发的外触发振荡，振荡频率锁定于行频。开关稳压电源取样来自次级输出的某一路，并在稳定初级线路输入电压的同时，也稳定次级负载电压，次级输出后不再二次稳压。而录像机中使用的开关电源，激励方式多为自激式，取样信号来自脉冲变压器中的取样绕组，次级输出后还采用二次稳压。所以开关稳压电源主要调节初级线路输入电压，以保证二次稳压时输入电平恒定。录像机用开关电源的基本方框图如图 10—10 所示。

交流线路电压首先经过整流滤波电路，变成含有一定脉动成分的直流电压，然后进入高频变换部分。高频变换部分的核心是开关晶体管和脉冲变压器。开关晶体管在控制脉冲（由独立的脉冲振荡器产生）作用下，将脉动的直流电压转换成高频的方波，并由其集电极输出，通过脉冲变压器

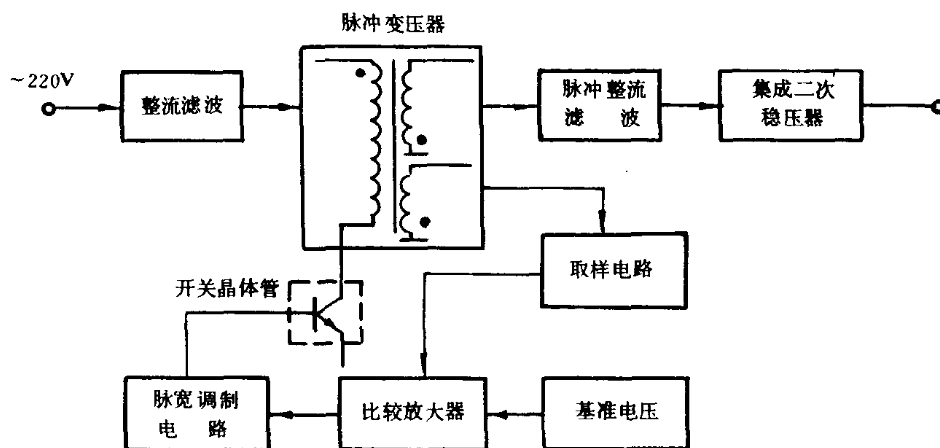


图 10—10 录像机用开关电源方框图

将高频方波脉冲耦合到次级，转换成相当的低压脉冲，然后再将这些低压脉冲方波进行整流、滤波和集成稳压器二次稳压，从而得到所需要的稳定的直流电压。开关晶体管的开关时间是由一个脉冲宽度调制电路通过取样对取样绕组耦合下来的脉冲电压采样，并与基准电压进行比较，将其误差电压由比较放大器放大后，去控制开关脉冲的占空比(脉冲宽度)而决定的。所以改变占空比可以控制开关晶体管的导通时间，实现对输出电压的调整，达到稳定输出电压的目的。所以录像机用开关电源通常是由整流滤波电路、脉冲变压器、开关晶体管、脉冲宽度调制器、比较放大器、基准电压、取样电路、脉冲整流滤波电路和集成稳压器等电路组成。

2. 开关电源电路工作原理

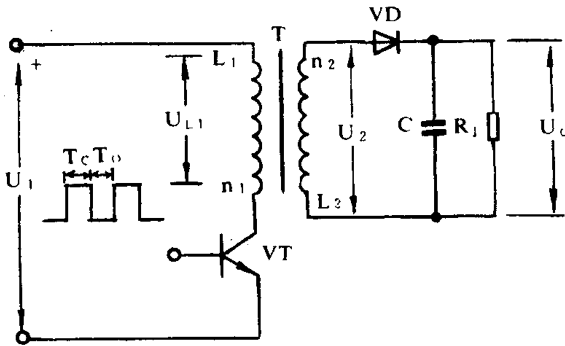


图 10—11 单端反激式开关电源原理图

图 10—11 是单端反激式开关电源原理图。VT 为开关输出晶体管。T 是脉冲变压器，它的磁芯仅工作在其磁滞回线的一侧，VD 为整流二极管，C 是滤波电容，R_L 为负载电阻。当开关脉冲信号加到晶体管 VT 的基极，并且输入脉冲是高电平时，晶体管 VT 饱和导通，V_{CE}近似为零。此时未稳压直流输入电压 U_1 几乎全部加到脉冲变压器初级 L1 的两端，使 $U_{L1}=U_1$，电感上的电压方向为上正下负。由于脉冲变压器是储能元件，所以在初级线圈 L1 中电流线性上升，变压器中磁能也随着增加。这一期间脉冲变压器储存能量，而脉冲变压器次级的感应电压 U_2 则是上负下正，因此二极管 VD 截止(所以是反激的)。当晶体管 V T 基极输入的开关脉冲为低电平时，晶体管 VT 截止，集电极开路为高电位，L1 中电流被切断。此时初级线圈中的电位倒相耦合到次级，使脉冲变压器次级感应得到上正下负的电平，二极管 VD 被正向偏置而导通。初级线圈中储存的能量通过次级线圈释放给负载，使次级线圈与负载的回路中有感应电流产生。次级线圈感应的磁通与转换瞬间前相同，即保持磁通量不变。所以开关晶体管基极电压 U_b、集电极电压 U_c、电流 I_c 及变压器次级电压 U_2、电流 I_2 等的波形如图 10—12 所示。I_2 使电容 C 充电，从而整流输出直流电压 U_0。因为开关晶体管 VT 导通时，二极管 VD 截止；而开关晶体管 VT 截止时，二极管 VD 又导通，所以形成脉冲变压器初级晶体管 VT 与次级二极管 VD 的反极性激励形式。

在开关电源输出电路中，输出电压 U_2 与输入电压 U_1 成正比，与脉冲变压器匝数比$\frac{n2}{n1}$成正比，同时与开关晶体管导通、截止时间$\frac{T_C}{T_0}$成正比。在频率不变的平衡状态下，脉冲变压器每周期内储存的能量 ΔW_1 与消耗的能量 ΔW_2 相等，所以：

$$\Delta W_1=\frac{1}{2}L1\cdot\Delta I_1^2=\frac{1}{2}L2\cdot\Delta I_2^2=\Delta W_2$$

因

$$\Delta I_1=\frac{U_1}{L1}T_C$$

$$\Delta I_2=\frac{U_2}{L2}T_0$$

故

$$\frac{1}{2}L1\left(\frac{U_1}{L1}\times T_C\right)^2=\frac{1}{2}L2\left(\frac{U_2}{L2}\times T_0\right)^2$$

$$U_2=\sqrt{\frac{L2}{L1}}\times\frac{T_C}{T_0}\times U_1=\frac{n2}{n1}\times\frac{T_C}{T_0}\times U_1 \qquad (10—2)$$

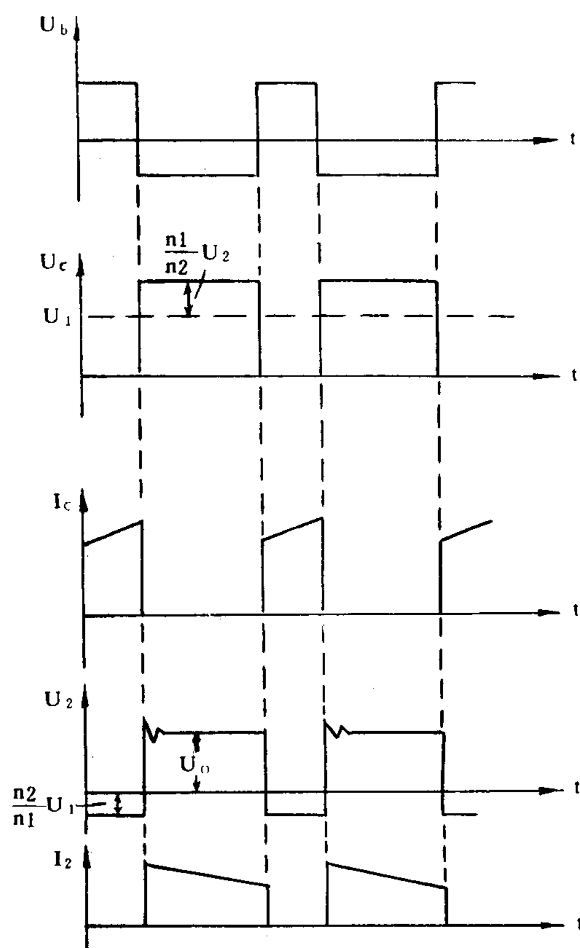


图 10—12 开关晶体管集电极电压电流及变压器次级电压电流波形

通过(10—2)式可以看出，在平衡状态下，改变脉冲宽度 T_C(或占空比$\frac{T_C}{T_0}$)，即可调整输出电压 U_L。当输入电压 U_1 降低时，增加开关晶体管导通时间 T_C，输出电压 U_2 可以维持不变。同理，当输入电压 U_1 增加时，减少开关晶体管导通时间 T_C，也可保持输出电压 U_2 的稳定。由于输出电压、电流是依靠脉冲变压器初级线圈 L1 所储存的能量供给的，所以 L1 必须有足够的匝数。而脉冲变压器的次级也可有几组不同匝数的线圈，可以得到几组不同数值的电压和电流。

例如有两组次级绕组，匝数分别为 $n2$、$n3$，根据式(10—2)，则：

$$U_2=\frac{n2}{n1}\times\frac{T_C}{T_0}\times U_1$$

$$U_3=\frac{n3}{n1}\times\frac{T_C}{T_0}\times U_1$$

取样电压 U_Z 如从 U_2 上取，则：

$$U_Z=\frac{R2}{R1+R2}U_2$$

其中 R1、R2 为分压电阻。此时晶体管从导通变为截止时，开关晶体管集电极最大脉冲电压为输入直流电压 U_1，再加上次级脉冲电压耦合回到初级的值，由匝数比$\frac{n2}{n1}$和$\frac{n3}{n1}$决定：

$$U_{cmax}=U_1+\frac{n1}{n2}\times U_2+\frac{n1}{n3}\times U_3=U_1\times(1+\frac{2T_C}{T_0}) \qquad (10—3)$$

3. 录像机开关式电源实际电路分析

图 10—13(a)和图 10—13(b)分别为东芝和松下公司生产的录像机所采用的两种开关电源电原理图。从图 10—13(a)中可以看出，它也是由整流滤波电路、开关电路、脉冲变压器、误差鉴别器(比较放大器)、基准电压和脉宽调制电路等电路组成。它采用了脉宽调制集成电路 μPC1394C，将误差鉴别器、基准电压和脉宽调制器合为一体，并且具有保持功能。这种录像机用开关电源采用了自激振荡产生脉冲的方法，不是靠行同步来触发锁定。它的取样(反馈)信号不是来自脉冲变压器的某个次级输出，而是单设一组取样绕组。这是因为录像机次级电压种类多，一路取样稳压不能满足要求。此外由于录像机对稳压精度要求高，所以在次级整流滤波后，再设稳压电路，不单纯依靠取样反馈稳压。取样稳压电路在此只保证稳压电路输入端的电压 U_i 稳定不变。

在正常工作情况下，输入的交流电压经 VD801 整流和 C802 滤波，变成高压直流。脉宽调制集成电路 N802 的⑦脚输出开关脉冲信号，此开关信号经过 VT803～VT805 组成的驱动电路反向驱动后，送入开关晶体管 VT807 的基极，使其将这高压直流斩波成具有一定占空比的高频脉冲电压，以维持脉冲变压器次级输出电压 U_2～U_6 不变。与初级绕组并联并由 R830、R831、C812 和 VD805 组成的脉冲限幅单元，实为缓冲平滑网络，保护开关管不被感应电压尖峰击

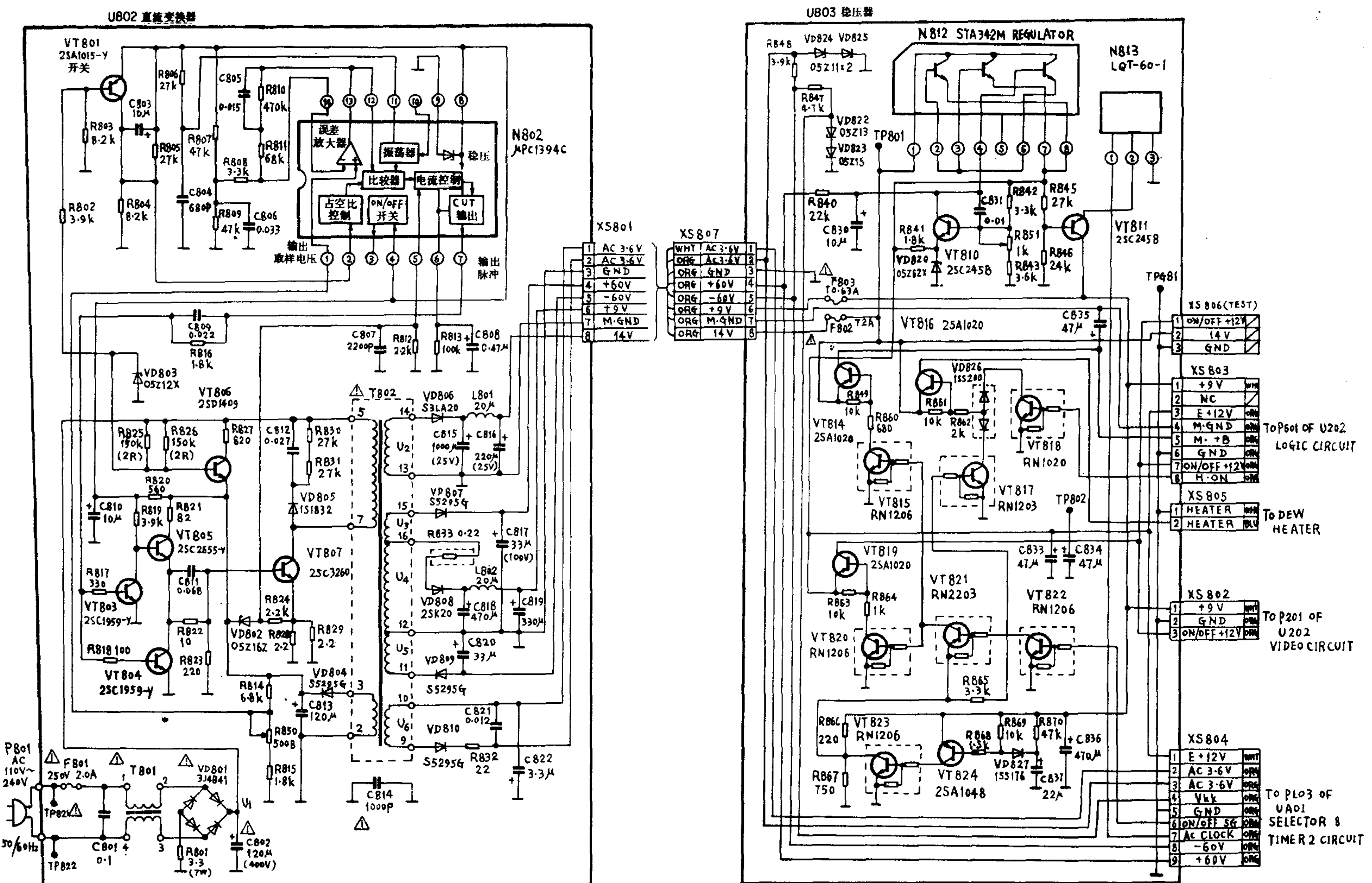


图 10—13(a) 东芝公司生产的录像机用开关电源电原理图

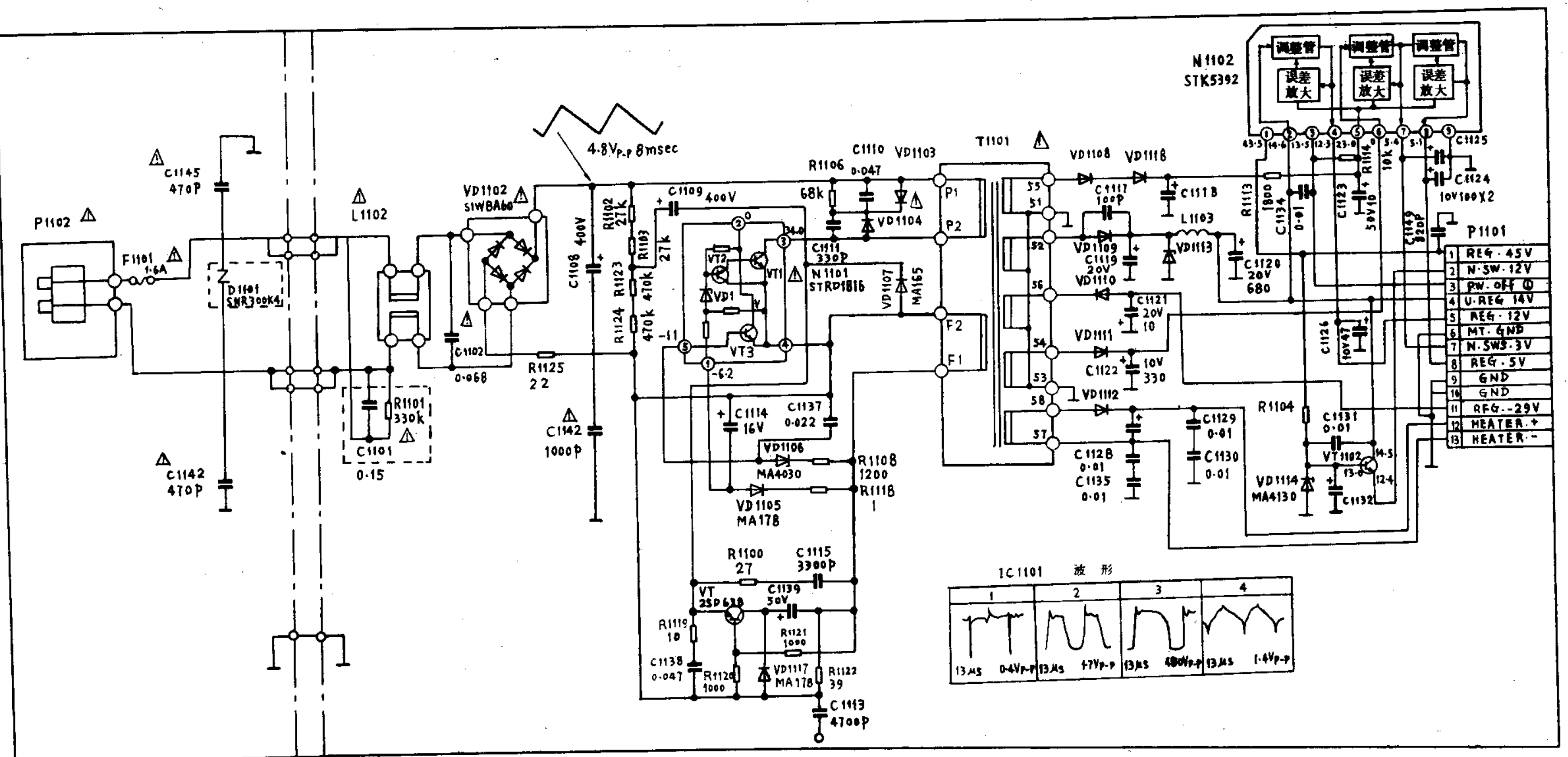


图 10—13(b)　松下公司生产的一种录像机用开关电源电原理图

穿。开关信号的产生来自于N802集成电路中的振荡器。振荡电路是由施密特触发器，振荡频率是由外接的R806和C804的时间常数所决定。脉冲宽度的调节通过误差放大器的输出和振荡器的输出进行比较来完成的。在脉冲控制集成电路N802第⑧脚里的稳压二极管的稳压值通过电阻R807和R809的分压后，将此电压加在误差放大器的反相输入端，即集成电路N802的第⑭脚，作为参考电压。

当输入线路电压发生变化，例如电压下降，并引起输出电压U_2～U_6降低时，则2—3绕组的电压也降低，此电压由二极管VD804整流和电容C813滤波后的直流取样电压也变小，加到集成电路N802的⑤脚，同时被R814、R850和R815分压，将取样信号送N802①脚。由于取样电压是与基准电压比较后，由集成电路中的误差放大器放大其电平差，再从⑬脚输出。误差放大器为非倒相输入，所以取样电平降低时，⑬脚的误差放大器输出电平也降低，并送入脉宽调制比较器，比较器将振荡器的输出与第⑫脚的电压进行比较，产生图10—12所示的开关脉冲。当误差放大器输出降低时，比较器使输出脉冲宽度变窄，经过脉宽调制锁存器后驱动输出级，由脉冲控制集成电路N802的⑦脚送出，再经VT803～VT805驱动反相，控制开关晶体管VT807，使其导通时间T_C变长，根据式(10—2)输出电压$U_2=U_1\times\frac{n_2}{n_1}\times\frac{T_C}{T_0}$，所以输出电压$U_2$增高，抵消了原来的电压下降，保持输出电压稳定。换句话说，脉宽控制集成电路N802中的误差放大器和比较器的作用是使取样电压保持不变，取样电压与输出电压相互依存，所以通过控制取样电压，就能维持输出电压U_2～U_6恒定不变。

当电网电压继续下降时，开关晶体管VT807的导通时间会进一步变长。但是开关晶体管导通时间过长，必然加大管子的功耗，时间一长就会导致开关晶体管损坏。因此为了保护开关晶体管VT807，从其发射极反馈一路过流检测电压至脉宽控制集成电路N802的第⑤脚。当电流过大时，使⑤脚输入电压升高，电流控制部分开始起控，将输出开关脉冲的T_C固定为高电平，使VT807停止工作，从而保护开关晶体管VT807不致损坏。为了便于启动，在接通电源时，整流后的U_1经过R825、R826将VT806开关打开，为脉宽控制集成电路N802供电，使其工作，并通过慢启动电路使集成电路N802的⑦脚输出矩形方波，同时用并联于电阻R805的电容C803来提升N802的②脚电平，以使脉宽变窄，从而在慢启动时锁住T_C，防止过大电流流入开关晶体管VT807等。所以脉宽控制集成电路N802的⑦脚同时受控于②、⑤、⑦三脚，其输出脉冲宽度取决于比较器将其⑪脚振荡器产生的振荡信号与其三个输入端的输入电平进行比较的结果，由②、⑤、⑦三个引脚中最高的一个输入电平决定输出脉宽。

脉冲变压器次级联接的整流二极管VD806、VD807、VD808、VD809和滤波电容C815、C817、C818、C820将高频低压信号U_2～U_5整流滤波成所需要的未稳压直流，再由XS801插座送往稳压电路。

图10—13(b)所示为松下公司生产的录像机用开关电源，它与10—13(a)所示开关电源有一定区别。它是利用厚膜电路N1101、晶体管VT1103和脉冲变压器T1101构成的间歇振荡电路，组成自激式开关稳压电源，也是目前广泛采用的基本电源之一。交流220V首先经过VD1101过压保护器和L1102线入滤波器，滤除线路引入的噪声成分，然后送入VD1102全桥整流和C1108滤波，成为直流。此未稳压的直流电压，经脉冲变压器T1101的初级线圈P1～P2，加到厚膜电路N1101的③脚，即VT1的集电极。同时该电压通过电阻R1102、R1103和电容C1109给开关管VT1基极提供启动电流，厚膜电路N1101中的VT1开始导通。集电极电流在P1～P2线圈中线性增长，并且从N1101的④脚流出，经电阻R1125流回全桥。这便是图

10—13(b)所示开关电源的主电流通路。当初级线圈 P1～P2 中有电流流动时，所有的次级线圈 S5～S1、S2～S1、S6～S1、S4～S3、S8～S7 和取样绕组 F1～F2 中都将产生感应电压。取样绕组中产生的互感电压方向为 *F*1 高 *F*2 低。并且通过 C1115、R1110 给 VT1 基极提供正反馈，使其迅速饱和。开关管 VT1 饱和后，从 N1101④脚流出的主电流向电容 C1114 充电，使 C1114 对应的负端电位随之降低。此低电位通过 N1101 的①脚和稳压管 VD1 降低 VT2 的基极电位，使 VT2 开始导通，从而使开关管 VT1 的基极电位逐渐变低。当 VT2 导通到使开关管 VT1 退出饱和时，VT1 的集电极电流迅速减小。随着 VT1 的突然截止，初极线圈中的电流也将迅速衰减到零。这时初级线圈 P2 端电位由低跳变为高，在各次级线圈和取样绕组中便产生反向电压。反向电压使次级的整流二极管 VD1108～VD1112 导通，消耗初级线圈中储存的磁能，实现反激式工作输出电流。取样绕组中的反向电压在继续向 C1114 充电，维持 VT1 截止的同时，通过 R1120 和 R1121 分压，使 VT1103 截止，并将反向高电位加到电容 C1139 上，使其充电。随后电容 C1114 通过 N1101 放电，逐渐提高厚膜电路 N1101①脚的电位。当 N1101①脚电位提高到使 VT2 截止时，开关管 VT1 通过 C1109 退出截止状态重新导通，再次雪崩式地翻转达到饱和状态。如此导通—截止—导通重复地振荡下去，变压器 VT1101 的次级便可输出各种半波整流电压，供录像机使用。

取样绕组中的电压通过 R1120 和 R1121 分压，控制 VT1103 的导通角。VT1103 的作用等效于将 C1139 并接于 C1114 两端(通过 N1104 中的 VT3 及 VD1116、R1118、VD1105 等)。由于 VT1103 的基极电压受控于取样电压，所以 C1139 实为一个动态电容，并接 C1114 后，使其充电常数 RC 成为动态变量，其大小随取样电压变化而变化。当线路输入电压升高(或降低)时，全桥 VD1102 整流出的直流电压也相应升高(或降低)，取样线圈 F1～F2 中的电压就会增加(或下降)。VT1103 的内阻将减小(增大)，C1114、C1139 的动态电容量增大(减小)，使 VT1 的截止时间加长(缩短)，从而迫使次级电压回降。如果因负载变化而使流经初级线圈和 VT1 开关管的电流过大时，取样绕组中感应电压也会升高。并且通过电阻 R1108 和稳压二极管 VD1106 将过载压降加在 N1101 的⑤脚和④脚之间，使 VT3 导通。由于 VT3 的分流，而大大减少 VT1 的基极电流，直至使 VT1 截止，从而保护了大功率开关管 VT1。此外，与初级线圈并联的 VD1103、VD1104、C1110、C1111 和 R1106 组成脉冲限幅电路，用以缓冲平滑开关时的尖峰脉冲，保护开关管不被感应尖峰击穿。

脉冲变压器的次级线圈分为 5 组，其中 S1 和 S3 为公共端。S5～S1 组成第一组次级线圈，它的脉冲电压经二极管 VD1108、VD1118 半波整流和电容 C1118 滤波后输出 45V 直流电压，作为N1102、VT1102 和系统控制电路上 VT6010 等稳压电路的偏置工作电压。同时还用于定时器/调谐电路产生调谐电压。S2～S3 组成第二组次级线圈。它的脉冲电压经二极管 VD1109 整流和电容 C1119、C1120、电感 L1103 组成的 π 型滤波网络后，输出 14V 直流电压，供给 N1102 和 VT1102 稳压电路。同时还直接输出到控制系统和伺服电路，供给电机、螺线管、检测器等。VT1102 是调整管，它与 VD1114，R1104，C1131 和 C1132 组成串联式稳压电源，输出稳压常供 12V。VD1113 是保护管，防止输出电压过高。S6～S3 组成第三组次级线圈。它的脉冲电压经二极管 VD1110 整流和电容 C1121 滤波后产生－29V 直流电压，作为多功能显示屏的驱动电路的驱动电压。S4～S3 组成第四组次级线圈。它的脉冲电压经二极管 VD1111 整流和电容 C1122 滤波后，输出 5.4V 直流电压，供给 N1102 稳压电路。S8～S7 组成第五组次级线圈。它的脉冲电压经二极管 VD1112 整流和电容 C1127 滤波后，输出 4V 左右直流电压，作为多功能显示屏的灯丝电压。

N1102为复合固定式集成稳压器。非稳压45V直接送入其①脚,同时经限流电阻R1113,加在N1102的⑤脚,作为集成稳压器中三个误差放大器偏置电压。未经稳压的14V电压从N1102的②脚进入集成稳压管,送往12V调整管,开关调整管在其误差放大器的控制下,将不稳定的14V电压调整成稳压12V。当N1102③脚的电源开关控制为高电平时,从其④脚输出受控稳压12V,供录像机各电路使用。而由S3～S4次级线圈输出的5.4V电压,经N1102⑥脚送入5.3V调整管,并且在其误差放大器的控制下,从N1102⑦脚输出常供稳压5.1V,供给系统控制电路的微处理机,同时还送入N1102中的5V开关调整管二次稳压。当电源开关控制使集成稳压器N1102③脚为高电平时,5V开关调整管才从其⑧脚输出受控的稳压5V电压,作为整机集成电路的工作电源。

10.2 显示电路

随着科学技术的迅速发展,录像机的功能越来越多,人们不但要求录像机能够自动完成各种功能,而且要求录像机直观地显示出录像机的各种工作状态。数字技术的进步,为数控显示奠定了基础,丰富多彩的录像机专用显示器件应运而生,它们为用户操作录像机提供了方便,表10—3列出了几种常见的显示器件。

表10—3　　几种常见显示器件定性比较

项目 器件	亮度	总功耗	驱动电压	驱动电流	视角	亮度均匀值
荧光显示器(VFD)	A	B	B	B	A	A
发光二极管(LED)	B	C	A	C	B	B
液晶屏(LCD)	—	A	A	A	C	—
等离子显示器(PDP)	C	C	C	C	C	B

注:理想值趋向:C(一般)→B(较理想)→A(理想)

从表10—3上不难看出,荧光显示器件兼顾了亮度、视角和亮度均匀性好的特点。同时荧光显示器还具有外型好、响应速度快、寿命长、显示清晰、工作稳定可靠和适于与各种集成电路配合等优点。

荧光显示器种类很多,分法也很多。从其显示的结果上可分为数字显示、字符显示、模拟显示和混合显示等几种;而从驱动方式来分,又可分为动态驱动显示器和静态驱动显示器。

10.2.1 荧光显示器的结构和工作原理

荧光显示器实际上是从电子管脱胎而来的,在结构上和工作原理上彼此有很多相似之处。荧光显示管是由灯丝(阴极)、栅极、阳极和抽真空的玻壳组成的。如图10—14所示,其灯丝(F)采用直热式,用来发射电子;阳极是为了收集电子,产生荧光;而栅极(G)在灯丝与阳极中间,是控制极。它具有三个作用:首先它起一个加速场的作用,其次使静电场均匀,第三在动态驱动显示器中起控制位的作用。从结构形式来看,栅极成网状,称为"栅网"。阳极做成字符、数字的部位或段节(故叫"段位")状,面上涂敷有荧光物质。送到栅极的控制信号叫栅网信号

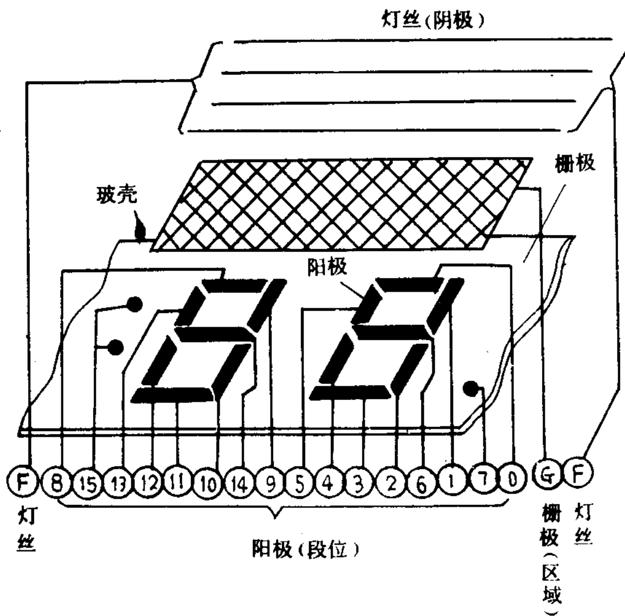


图 10—14 荧光显示器的结构图

(U_g),送往阳极的信号叫段位信号。荧光显示器工作过程如下：

当灯丝加上交流电压后,灯丝的温度达到 700℃左右,灯丝微微发红,灯丝表面的碳酸盐即发射电子,这时阳极和栅极都加有相对于灯丝电位而言的正电位,在显示器内形成了一个静电场。发射出来的热电子受到静电场力的作用,同时又受到加有正电位 U_g 的栅极加速,飞向阳极。于是加速电子轰击阳极表面荧光粉,荧光粉就会受激而产生荧光。

由于显示器要显示的内容较多,所以一般把栅网分成很多个区域。同时荧光显示器还采用分段显示的方式,因此每个区域下面对应有若干个阳极段位。在显示器中,栅网和段位是根据录像机所要显示的内容来划分的。阳极可根据需要设计成一定的形状,以达到显示数字和字符的目的。如果某阳极没有加正电压,则对应的该段位就不发光。于是适当控制各段位阳极电压,即段位信号,就可使荧光显示器显示不同的数字和符号,这对于静态驱动具有特别重要的意义。此外,如果某区域栅极不加对灯丝而言的正电压,而加负电压时,则不论该区域阳极是否加有正电压,显示器的这一区域始终不会发光,这对于动态驱动有着特别的意义。换句话说,当栅网获得高电平时,则让电子通过,否则阻挡电子通过,所以用它可控制区域是否点亮。当段位为高电平,且上面的栅网也是高电平时,电子便可打在相应的段位上,使该段位发光。虽然每个区域的栅网对应有若干个段位,但一般来说不是每个栅网所对应的段位都点亮,而是根据需要将获得高电平的栅网下面的某些段位点亮。这样,利用栅网信号和段位信号的组合,就可得到需要的显示。

10.2.2 荧光显示器的光电特性

1. 灯丝电压特性

灯丝电压特性主要是指阳极电流、栅极电流、亮度和灯丝电压的关系。灯丝电压 U_f 可用交流,也可用直流,交流可用 50Hz 市电交流电压降压,其幅值的大小根据型号决定,一般为 4V,供给灯丝电压的变压器次级绕组有的采用中心抽头方式,中心抽头可接公共端;有时也接负电位或正电位,具体根据需要而定,大多数情况中心抽头是接公共端或负电位。灯丝电压 U_f 采用交流及变压器次级绕组加中心抽头的目的是:保证在灯丝上每一点的电压均匀,使阴极上不存在电位梯度,使显示器内静电场均匀,从而荧光显示器发光均匀。如果使用直流灯丝电压时,显示器每个数字或符号的灯丝与栅极或阳极间容易产生阳极电位差,也就使得每个数字或符号亮度不同。由于多位荧光显示器灯丝较长,所以普遍采用交流灯丝电压供电。

图 10—15(a)为一种动态显示器的特性曲线。由图 10—15(a)可知,在灯丝电压 U_f 为额定值,且在额定的阳极电压 U_a 和栅极电压 U_g 作用下,阳极电流、栅极电流、亮度都应达到饱和,最佳 U_f 值应对应于特性曲线拐点处,这时亮度和功耗都是恰到好处。显然,灯丝电压过高,则会使显示器功耗增加,寿命缩短。相反灯丝电压偏低,则影响灯丝热电子的发射,显示器亮度达不到正常的要求,一般灯丝电压允许波动 5%。

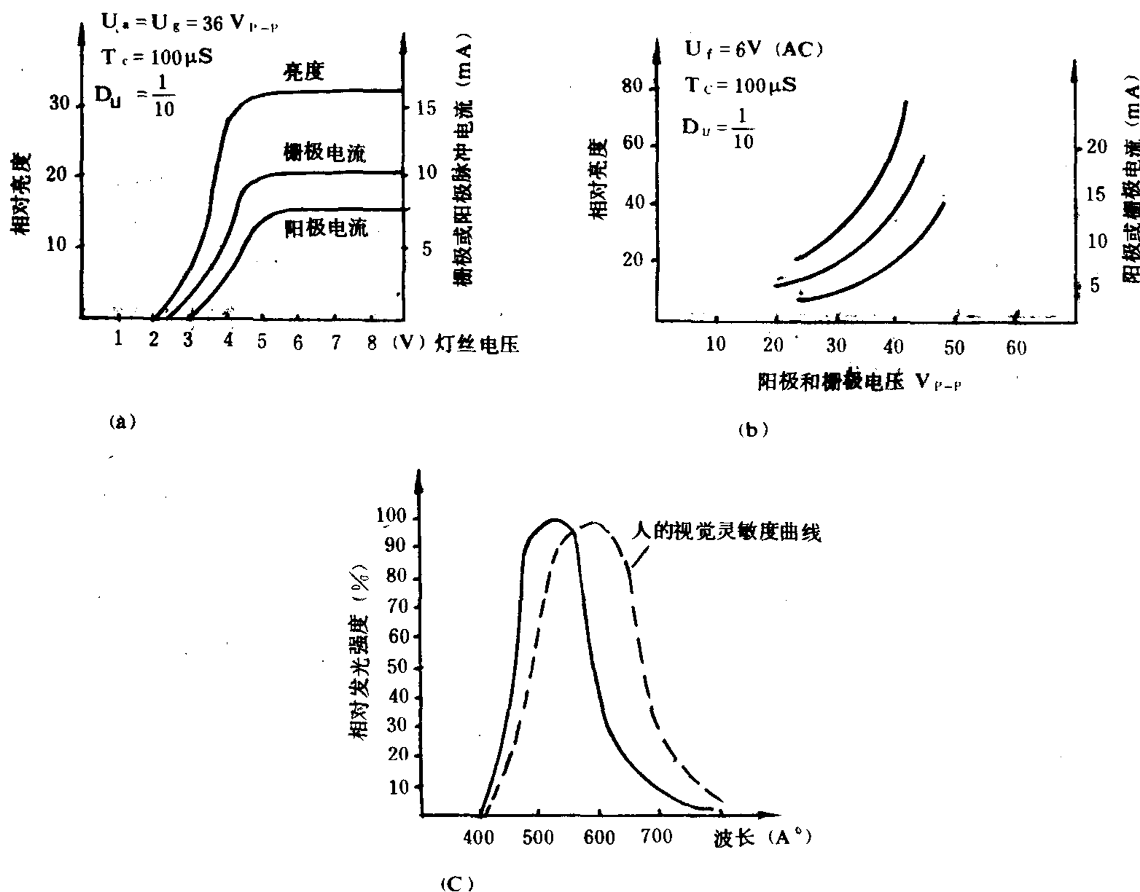


图 10—15　一种荧光动态显示器特性

2. 阳极电压、栅极电压特性

阳极电压、栅极电压特性是指在额定灯丝电压 U_f 条件下，栅极电流、阳极电流、亮度与阳极电压、栅极电压的关系。一种动态荧光显示器的阳极电压、栅极电压特性曲线如图 10—15(b)所示。由图 10—15(b)可见，选择亮度最好、功耗适中的额定电压作为阳极电压和栅极电压，将会获得满意的效果。否则，不是功耗增加，就是亮度达不到要求。

3. 截止特性

截止特性有两种，一种是阳极截止特性，另一种是栅极截止特性。

(1) 阳极截止特性

在栅极电压为额定值时，阳极电压相对灯丝电压等于零伏或低于灯丝电压时，荧光体相对应的段位不发光。因此利用这一特性来控制显示器阳极各段位发光或不发光，就可达到显示不同数字或字符的目的。

(2) 栅极截止特性

在栅极电压低于灯丝电压数伏时，与该段栅极相对应的区域的所有阳极不发光。此时阳极电压根据需要，相对于灯丝电压而言或者是正电压或者是零都可以。利用这一特性来有效地控制荧光显示器的区域显示，使得荧光显示器完全根据人们的需要，而进行各区域的显示。

4. 发光特性

荧光显示器的发光频谱如图 10—15(c)所示，光谱中心波长为 5000A°，虚线所表示的是视觉灵敏度曲线。由图 10—15(c)可知，光谱特性曲线接近人的视觉灵敏度曲线，因此，从人眼观察的角度来看荧光显示器的发光效率很高。

10.2.3 荧光显示器的驱动方式

为了使荧光显示器能正常地工作，必须具有三个要素，即：灯丝电压、阳极段位电压和栅极区域电压。其中阳极电压、栅极电压对灯丝电压而言均为正电压，否则显示器不发光。

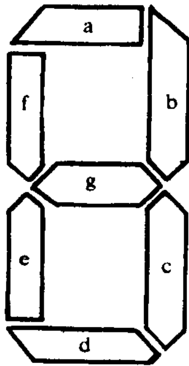


图 10—16 显示器的数字结构

图 10—16 所示为显示器的数字结构，它是由 a、b、c、d、e、f、g 等 7 段阳极组成。当欲显示数字“3”时，首先显示器灯丝必须加有电压 U_f，其次是 a、b、g、c、d5 段位的阳极电压和该区域的栅极电压 U_g 都是正电压，而 f、e 两段位阳极则为零或为负压。这时在显示器上就会显示出数字“3”。根据荧光显示器的结构和驱动方式可分为静态驱动和动态驱动两种。

1. 静态驱动

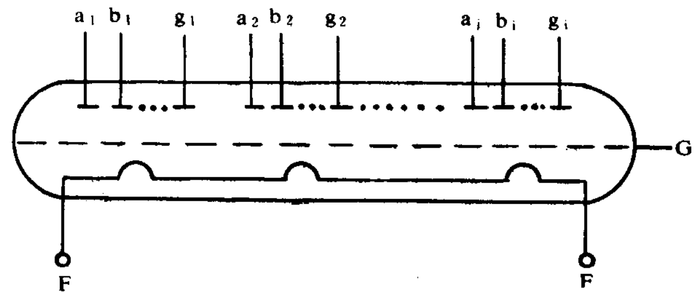
静态驱动显示器的结构如图 10—17(a)所示。从图中我们可以看出：静态驱动管具有公共阴极（灯丝）、公共栅极和每一区域相对应的阳极段位。各阳极都是彼此独立的。

静态驱动显示器是利用阳极截止特性进行工作的，灯丝须加电压，当加有额定的工作电压后，栅极需加上一个恒定的正的直流电压。此时栅极起着加速静电场和使热电子发射均匀的作用。阳极正电位是由微处理机提供的。这样静态驱动荧光显示器就可以根据微机输出而显示出不同的数字和字符。值得指出的是：由于栅极加的是一个恒定的正电位，故这一正电位可用一固定的直流电压提供。与动态显示器比较，静态显示器的栅极驱动方式要容易得多。静态驱动原理电路如图 10—17(b)所示。

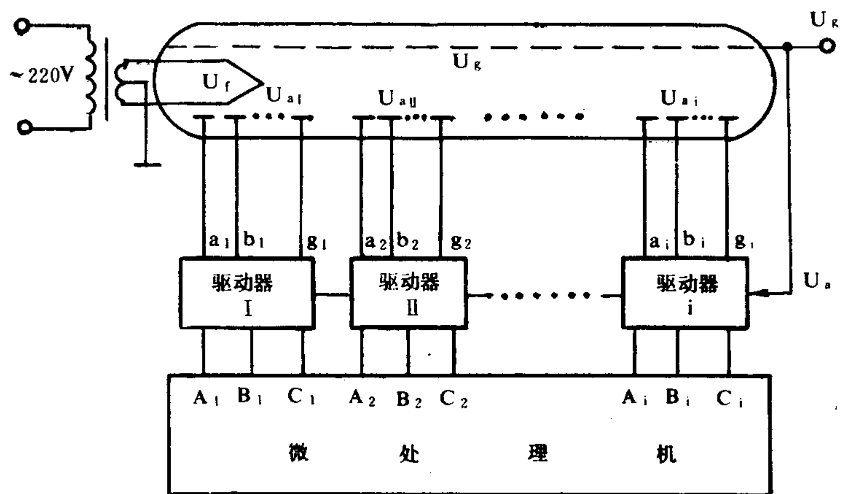
2. 动态驱动

动态驱动显示器的内部结构如图 10—18(a)所示。从图中我们可以看出，动态驱动显示器具有公共阴极、每区域独立的栅极和各区域相应阳极段位并联在一起等特点。

荧光显示器的动态驱动是利用荧光显示器的阳极截止特性和栅极截止特性进行工作的。所以阳极、栅极上的电压都是脉冲电压。当需要显示某区域的某个数字时，不仅需要提供显示该数字的阳极段位 a～g 脉冲信号，而

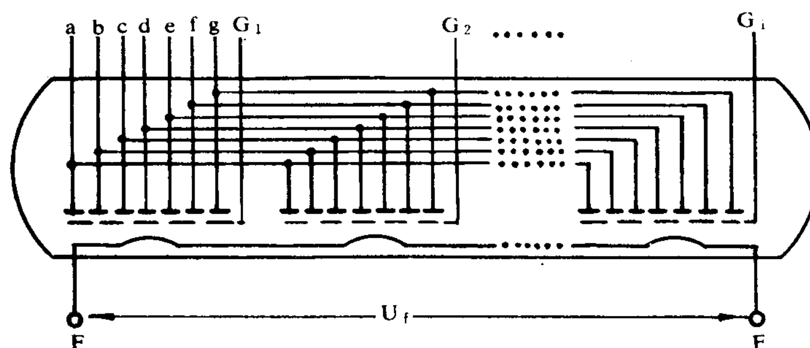


(a)



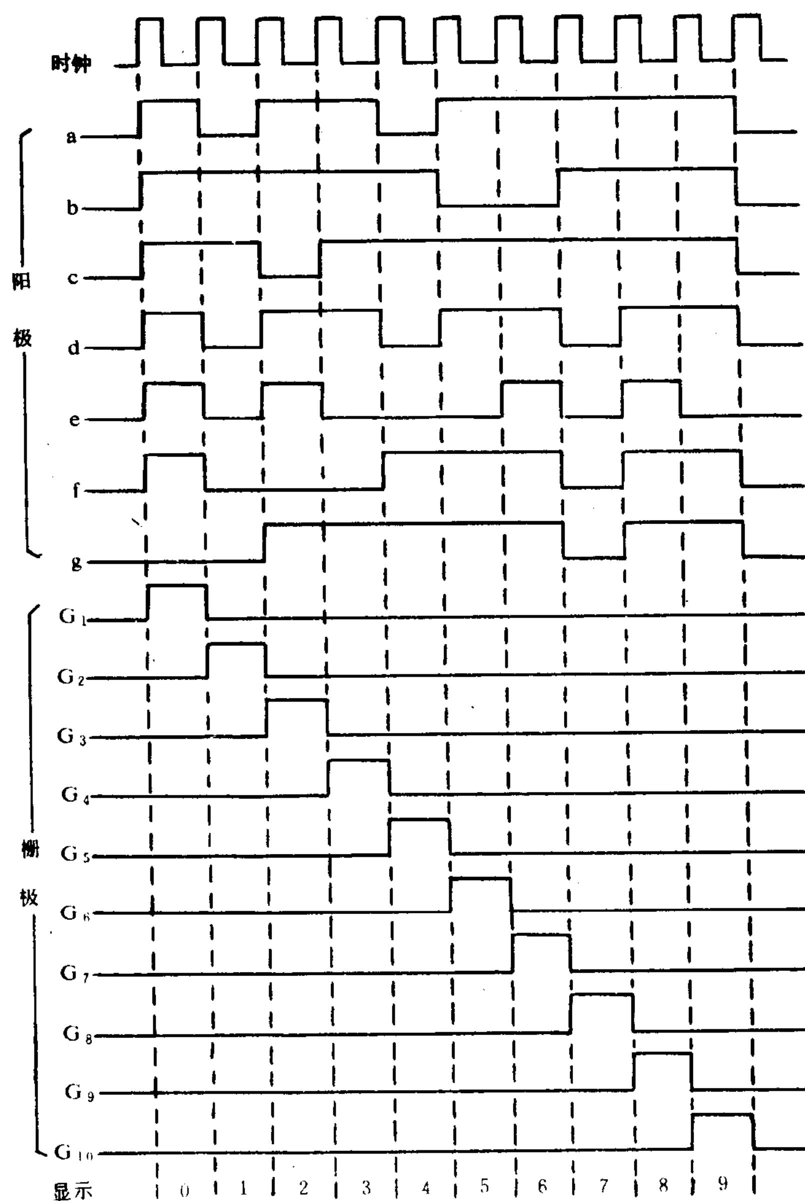
(b)

图 10—17 静态驱动显示器结构及原理



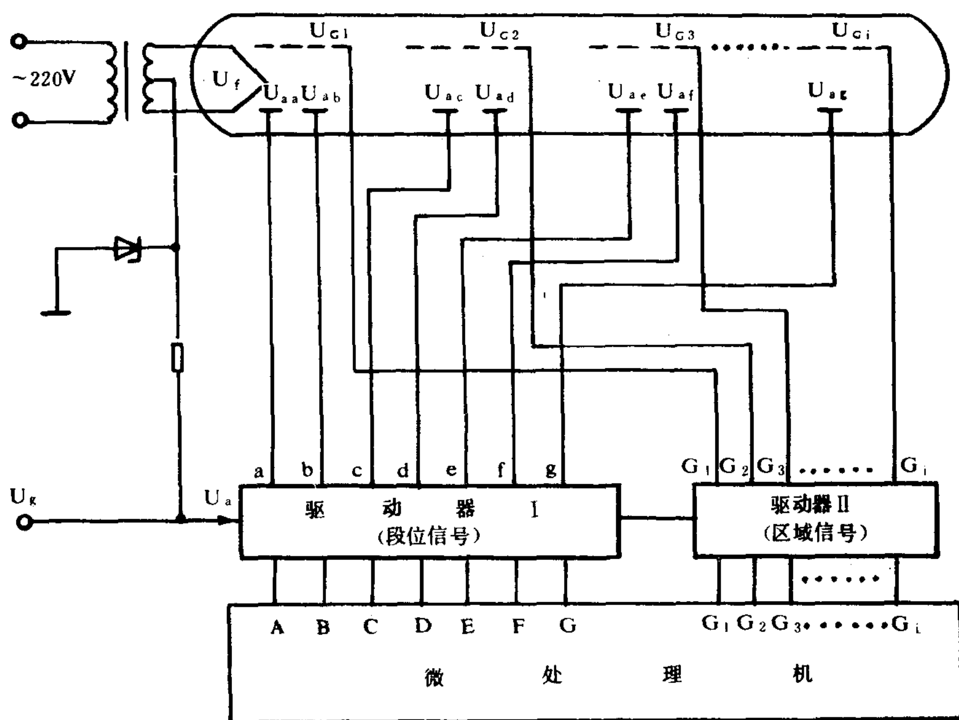
(a)

图 10—18(a) 动态驱动显示器结构图



(b)

图 10—18(b) 动态驱动显示器各电极波形



(c)

图 10—18(c) 动态驱动电原理图

且需要提供 G1～Gi 中的一个相应的区域扫描脉冲信号，并且阳极、栅极这两个脉冲信号要求完全同步，如图 10—18(b)所示。

在不需要显示的区域上应当加上一个一定幅度的截止负电压，以保证显示准确无误。此外，动态驱动的区域信号，即栅极电平要求有一定的占空比。动态驱动荧光显示器电原理如图 10—18(c)所示。

阳极电压是由微处理机提供的。栅极电压也由微处理机输出的区域同步脉冲电压提供。尽管荧光显示器的响应速度很快，但亮度正常建立需要一定时间，因而为了使显示器阳极得到足够的能量，就要求脉冲驱动电压有一定的脉宽，即有一定的占空比要求。占空系数等于：$D_U=\frac{T_C}{T}$，其中 T 是周期，T_C 为脉宽。如果栅极电压 U_G 和阳极电压 U_a 维持不变，则当驱动脉冲的占空系数 D_U 变小时，阳极荧光段位上得到的能量将减少，显示器亮度也因此而降低。为了提高显示器的亮度可以采取两个措施：一是不改变电路已采用的占空系数，而是适当提高驱动电压，以达到所需的亮度；二是在程序设计时，尽可能取得较大的占空系数，即在周期一定的情况下，尽量提高脉冲宽度，或在脉宽一定的情况下，尽可能地缩短周期，这样用较低的电压便可以获得足够的亮度。

截止电压也称为消隐电压，加这个电压的目的是为了使荧光显示器显示正确。换句话说，当需要显示某区域某段位时，不需要显示的那些区域所对应的段位必须完全不亮。为了达到这个目的，我们一般采用在栅极上加低于灯丝电压的截止电压，或者使阳极电压低于灯丝电压的方法。

通常使用栅极电压低于灯丝电压的情况比较多，也就是说，当区域扫描信号没有加到栅极

上时，该栅极电压低于灯丝电压数伏。这样做就可以使栅极的起伏噪声电平低于灯丝电压，避免导致部分热电子打到阳极段位上而发光。

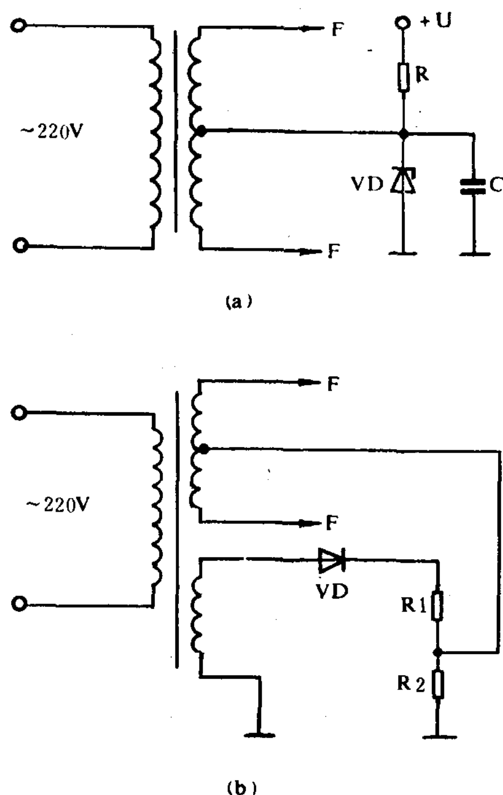


图 10—19　灯丝变压器中心抽头加直流电压示意图

栅极截止电压 U_{gt}的形成通常有三种方法，一是在灯丝变压器次级加中心抽头，在其公共端接一稳压二极管，稳压值不小于$|U_g|$，如图 10—19(a)所示。另一种方法也是在灯丝变压器次级加中心抽头，在其公共端加一直流偏压，如图 10—19(b)所示。

第三种方法是灯丝变压器不用中心抽头，而是将稳压二极管的负极与灯丝变压器两个输出端子中的一个连接，稳压二极管的正极接栅极截止电压，且栅极截止电压和阳极低电平均采用负压，这样灯丝电压的直流电平比栅极截止电压和阳极低电平高出一个稳压二极管的稳压值。微处理机工作电压为 5V，所以由微处理机输出的阳极电压和栅极电压的高电平也均为 5V。

图 10—20(a)是一种松下录像机上所选用的荧光显示器驱动电路。

从图 10—20 可以看出，这是一种采用动态驱动的多功能显示器电路。显示器有 0G～12G13 个显示区域，每个显示区域有 0～12 共 13 个显示段位。0G～12G 的信号和 0～12 显示段位电平是由微处理机 IC7501 产生的。脉冲电压直接加到多功能显示器 DP7501 的各引脚上。0G 和 1G 显示区域是用来显示记录、重放、快进、倒带、快速搜索、二倍速、常速或慢速录放显示、暂停、定时录像、OTR、通道与线入选择、磁带插入等状态字符。2G～12G 作为定时记录的开关显示、正常速度、慢速录放显示、定时节目号码、月、日和星期的显示以及走带计时的时、分、秒和记忆、重复、寻找、潮湿显示及定时记录时所预定的时钟、日期、频道、AFC 等显示。由于显示器 DP7501 采用了动态驱动方式，所以只用了 29 个引脚。如果选用静态驱动方式，则实现上述显示内容需要 141 个引脚，一片微处理机就显得力不从心，电路引线也要复杂得多。

显示器的灯丝电压由接插件 P7501 的⑬脚和⑭脚引入，分别接在荧光显示器的①、②端和㊱、㊲端，稳压二极管 D7501 的负极与显示器灯丝电压的 F 极连接，稳压二极管的正端接在－29V 电压上。电压－29V 电压是显示器栅极截止电压和阳极的低电位，所以灯丝电压被垫高，满足了动态驱动阴极电压的条件。

在显示时，由微处理机 IC7501 的 38～50 脚向多功能显示器 DP7501 的 0G～12G 依次给出 5V 的扫描脉冲高电平，这种栅网信号是一组周期为 3.9ms，脉宽为 0.1ms，相位依次相差约 0.1ms 的脉冲信号。同时阳极 0～12 端子根据给出高电平的这个显示区域所要显示的段位内容，分别给出各自的高、低脉冲电平。虽然这是一种脉冲工作方式，但由于频率较高，所以视觉上不会有闪烁感。当段位阳极和栅网栅极同时为高电平时，电子便可打在相应的段位阳极上，使该段位点亮。这样该区域所要显示的数字或字符就会显示。显示一段时间后，该区域栅极截止电压变为低电平，而下一区域栅极截止电压步进为高电平，与此同时，阳极 0～12 端子再给出新的组合电平，则新区域所要显示的数字或字符就会点亮，而其它区域对应的 0～12 显示段

位由于栅极电压 U_g 为低电平，所以不能发光。如此顺序加入、循环往复，在 1 秒内根据占空比的需要，扫描 250～800 次，就会给人以显示器总是在发光的感觉。

10.3 红外遥控与接收电路

10.3.1 红外遥控发射电路

红外遥控功能对于现代录像机来说已经是必不可少的附加功能，它不仅为用户使用录像机提供了方便，而且由于红外遥控器采用串行 PPM 方法传递操作信息，将每种操作信息进行编码后变为串行方式，所以大大减少了所占用的微处理机输入/输出端口，可以将许多录像机面板上安装不下的功能键，放置在遥控器上，为录像机扩展功能。所以红外遥控发射电路也是微处理机的一种输入电路，其作用等效于面板的键控输入电路。

红外遥控电路主要是由红外遥控发射器和红外接收电路两部分组成。红外遥控发射器的方框图如图 10—21 所示。它包括微处理机(CPU)、按键矩阵、特技控制开关、编码器、液晶显示器控制驱动电路、液晶显示屏和红外发光管等。当有按键按压时，该键控指令送入微处理机。微处理机将它解码，控制和驱动液晶显示器，作出相应的显示。同时，微处理机按照键控指令进行 PPM 二进制串行数字编码，并且为了增大传送串行脉冲的占空比，降低输出信号的平均电流，减小电源损耗，将 PPM 编码信号调制在 38kHz 或 40kHz 的载波上，送入驱动电路。由驱动电路驱动红外发光二极管按照 PPM 编码信号发光，从而将 PPM 编码串行信号调制在波长为 9500Å 的红外光波上发射出去，完成红外发射功能。红外发光二极管的发光特性曲线如图 10—22 所示。当红外接收电路中的红外光敏二极管接收到上述红外指令信号后变成相应的电信号，并在前置放大器中放大、整形和解调后，送往录像机中的微处理机，由微处理机根据红外遥控指令发出相应的操作控制指令。红外编码电路是红外发射电路的核心。

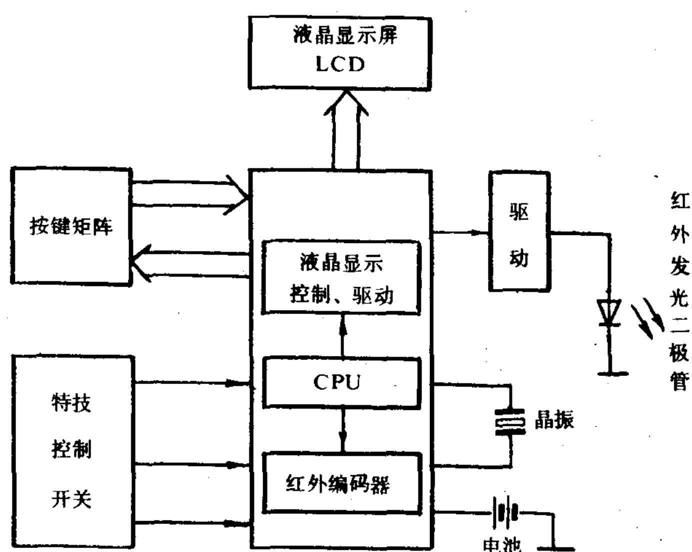


图 10—21 红外遥控发射器电路方框图

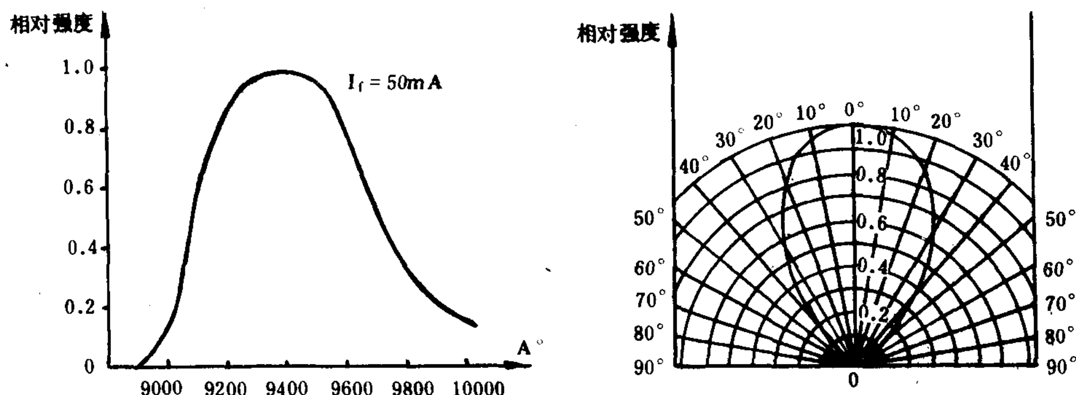


图 10—22　红外发光二极管的发光特性曲线

10.3.2　红外编码电路

图 10—23(a)所示是一种红外编码器的电原理图。它是由一片红外编码集成电路μPD6121G 和 4×8 遥控键盘及一些电子元器件组成。在其外部利用组合二极管和电阻,可构成最多 65536 种常规标准编码,用于 65536 种不同类型的红外控制。同时每种常规编码又有 32 种不同的数据编码,可控制 32 个功能。如果编码电路采用掩膜 ROM 设定常规编码,可以减少外围元件。红外编码由引导部分、常规 16bit 编码和 16bit 数据编码构成。

红外遥控编码集成电路 μPD6121G 是由振荡电路、分频器、时基产生电路、键输入电路、输

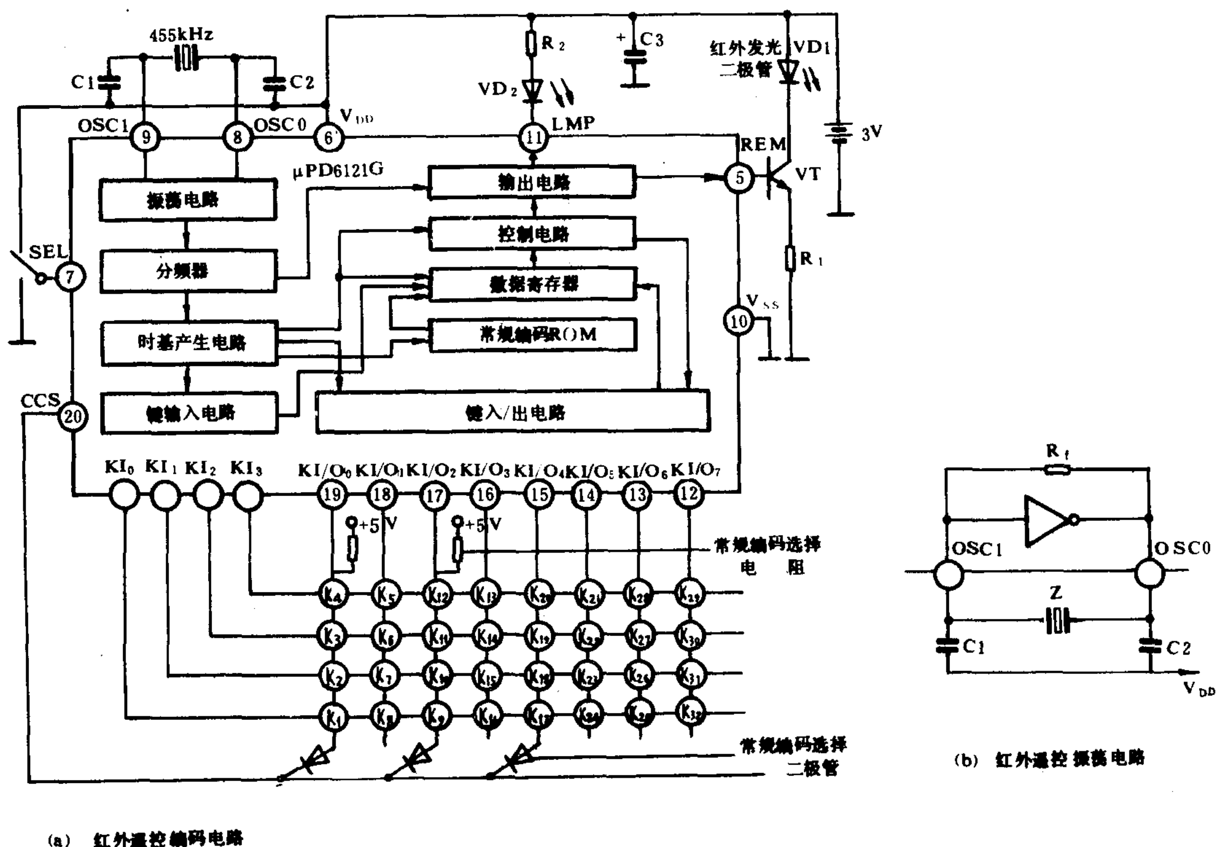


图 10—23　红外遥控编码电路

出电路、控制电路、数据寄存器、常规编码ROM和键输入/输出电路组成。产生编码信号的方式也是用键盘矩阵扫描方法。按键接在行列之间，各行信号分别接到键输入电路编码器的输入端，各列信号分别接在输入/输出电路的输出端，两口固定逐线扫描读入，形成键位功能指令地址编码。即键输入/输出电路中的扫描信号发生器，其输出口KI/O固定扫描输出，使各列轮流接地。键输入电路编码器的输入端KI口固定接收扫描，输入口先逐线读入，读入的编码值作为该矩阵点按钮功能地址码的高位码，而将输出口键扫描结果作为低位码。当没有任何键按下时，输出端KI/O口和输入端KI口两组线互不接触。KI/O扫描一次，输入端KI口没有任何行线电平发生变化，则在KI/O各脉冲扫描期间，KI口读入电平为1111，作为地址编码的高4位，而输出端KI/O口的键扫描结果作为编码的低8位，其输出的按键编码为111111111111，表示此时无键按压。

当K8键按下时，KI/O口输出的第2个脉冲被KI口第1条线接收，KI口此时输入低电平，以"O"表示；其它位为高电平，以"1"表示。则KI口输出的编码为0111，而输出端KI/O口键扫描的结果是10111111，则功能键的编号为011110111111。编码器根据按下的按键号进行编码，或从常规编码ROM中读取编码送入数据寄存器。从数据寄存器输出的32bit指令信号与时钟脉冲一起加到控制电路，完成脉位调制(PPM)的串行32bit指令信号编码。为了压缩传递带宽，所以红外遥控指令实际上并不传送方波信号，而是传递调制信号，把PPM编码脉冲在输出电路整形，然后调制在38kHz的载频上。被调制的PPM编码再经VT放大以后，去驱动红外发光二极管VD1，由红外发光二极管发射红外指令信号。

振荡电路只是当有键输入信号时才开始工作。振荡信号是依靠使用400～500kHz的压电陶瓷振荡器Z和C1、C2组成的振荡电路产生的。该电路无需调整，如图10—23(b)所示。振荡电路产生455kHz的振荡信号，经分频器12分频后成为38kHz信号。该信号一路送入输出电路，作为红外遥控指令的载波信号；另一路送往时基产生电路，作为其它电路的时钟信号。

电源电压采用2～3.3V的直流供电，不但工作电压范围广，而且电源电流在键未按压时，因为振荡器停止工作，所以只有不到1μA的电流负载。由于键输入/输出电路对于键输入端口在其与V_{SS}端口之间加了下拉电阻，所以对于同时按下双键的情况可利用多键按压防止电路禁止输出。

在双重键按下时，键的优先顺序是：在±36ms内同时按压则禁止通信。双重键按下间隔大于36ms，则先按压的键优先于后者。键按下后，控制电路就从键输入电路或常规编码ROM中开始读出普通编码和从数据寄存器中读取数据编码，36ms以后由输出电路开始发出遥控输出信号。因此在这36ms期间内再按键的话，也只进行与第一次所按键相对应的指令发射。此外，若持续按压108ms以上时，则在按压期间仅传送含有引导编码的连续编码。由于键的断续工作，从通到通只需要126ms，所以可构成极高的响应速度。

红外编码集成电路的SEL选择端口可控制数据编码的第8位D7。把选择端口SEL接电源V_{DD}，可使D7为"0"，而接地(V_{SS})，则使D7为"1"，从而可改变64种数据。常规编码选择输入端口CCS和键输入/输出电路端口KI/O，利用附加其上的二极管可设定常规编码。根据连接方法的不同，对于接通二极管者为"1"，反之则为"0"。在输出电路的遥控端口，红外编码输出期间，灯端口LMP输出低电平。此时若接有普通发光二极管，则可以使其发光，用以提示人们红外指令已经发出。

具有穿梭变速控制功能的红外遥控器，其工作原理与圆型模式开关相似。它是一个半圆形多圈扇形开关控制器，如图10—24所示。最上面一层金属滑动接触片是公共端，它固定接地。

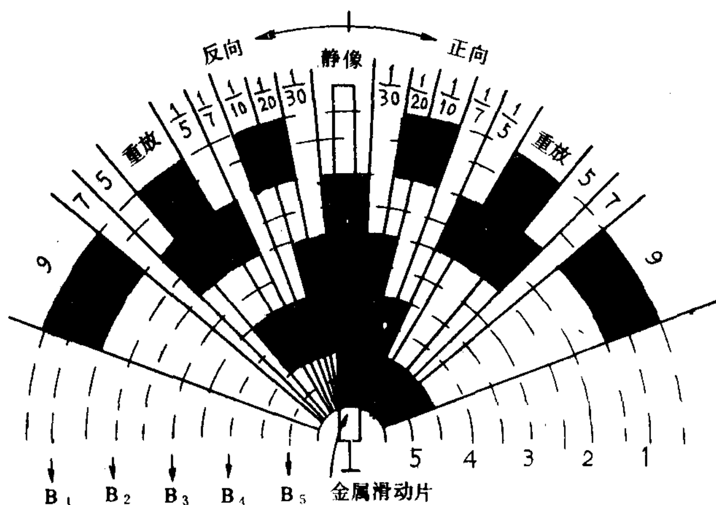


图 10—24 穿梭变速控制器

下面 5 个半圆扇形是 5 位开关信号输出接触片，分别与 B1、B2、B3、B4 和 B5 端子相连。当穿梭变速环左右转动时，与其相连的金属滑动片就会在接触片上左右滑动。因为金属滑动片与最里面一层的公共端连接接地，又由于 B1～B5 接触片的角度不同，长短不同，所以，当金属滑动片滑到不同的位置时，便将其下面的接触片接地，从而使 B1～B5 随金属滑动片滑到的位置不同而输出不同的二进制代码，如表 10—4 所示。这些代码通过红外遥控微处理机中的红外编码器按照红外编码要求处理成 PPM 串行编码，再用红外发光二极管发射出去。平时穿梭变速控制器的金属滑动片处于中间静像位置。往右滑动，磁带正向走带；往左滑动，磁带反向走带。每 5°有一种新的组合代码，可代表一种走带速度，即一种特技放像方式。一共可以表示 19 种走带速度，所以有 19 种组合代码。录像机系统控制电路在接收到这些代码的 PPM 串行编码后，便可控制录像机工作在相应的特技放像状态。

表 10—4 穿梭变速控制代码信号

输出代码	反向走带									不走带	正向走带								
	9	7	5	1（重放）	1/5	1/7	1/10	1/20	1/30	静像	1/30	1/20	1/10	1/7	1/5	1（重放）	5	7	9
B1	0	1	1	0	1	1	0	0	1	1 1	1	0	0	1	1	0	1	1	0
B2	1	1	0	0	0	1	1	1	1	0 0	1	1	1	1	0	0	0	1	1
B3	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0 0	0	0	1	1	1	1	1	1	1
B4	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0 0	0	0	0	0	1	1	1	1	1
B5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0 0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

10.3.3 红外编码特点

红外编码由引导编码和 16bit 常规编码、8bit 数据编码组成。数据编码同时也传递反码，因而由 32bit 串行编码构成一次红外遥控指令，传递一个完整的操作信息，如图 10—25 所示。

引导编码即同步码，作为后续编码的引导和同步使用，它是由 9ms 的载波和 4.5ms 的间隔构成。编码采用脉位调制 PPM 方式，根据脉冲的间隔时间来区分“1”或“0”。通常定义时间间隔为 1.25ms 时代表“0”，而时间间隔为 2.25ms 则表示“1”。因此，在由微处理机作为接收端的情况下，可以有效地利用这一时间关系来检测，并对已接收到的红外串行编码进行译码。红外遥控各组编码由 8bit 构成，C_0～C_7 组成第一组常规编码，即常规编码的高 8 位；C'_0～C'_7 构成第二

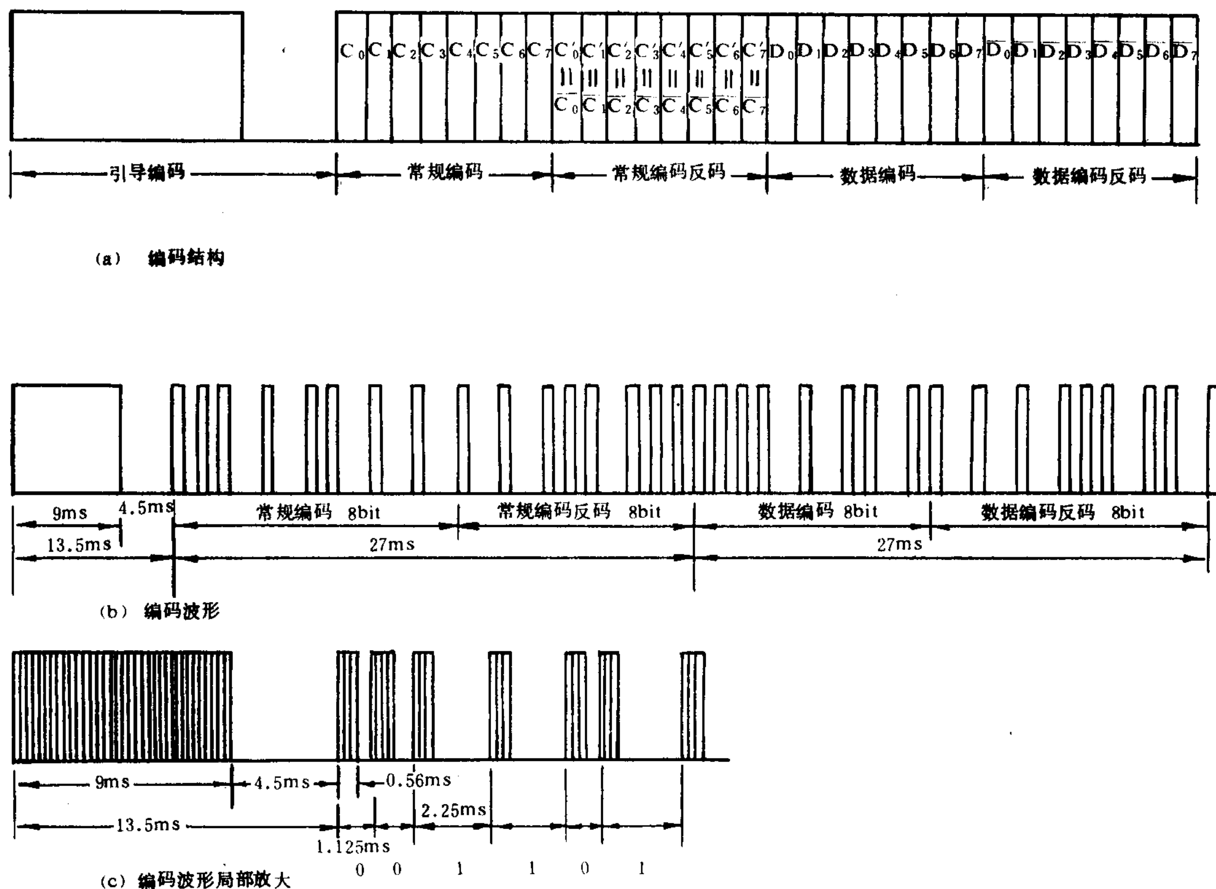
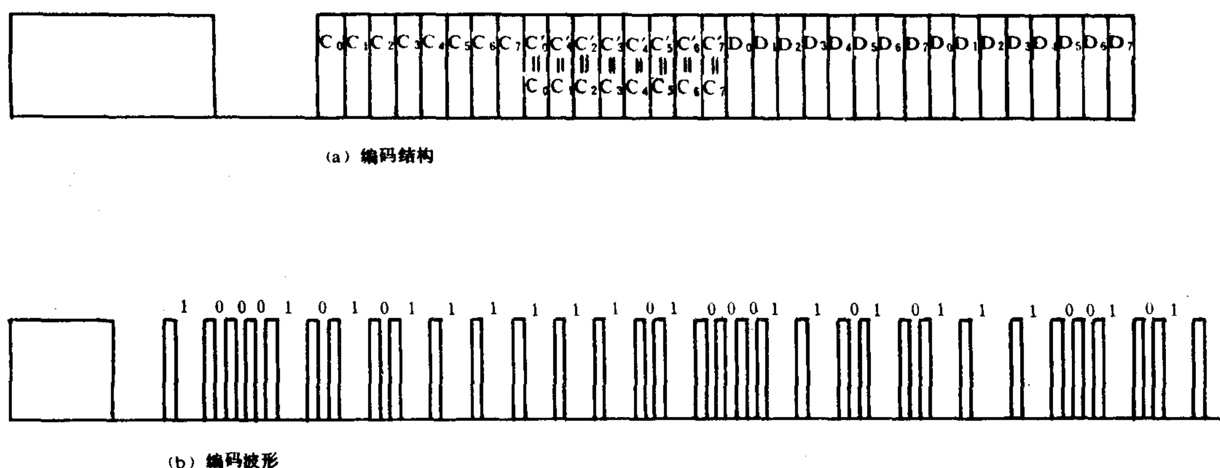


图 10—25 红外遥控编码结构

组常规编码，也就是常规编码的低 8 位，一般第二组常规编码是第一组常规编码的反码。D_0～D_7 为数据编码，而 D'_0～D'_7 是数据编码的反码。由于红外编码在传送常规编码和数据编码的同时也传递反码，所以可以降低误码率。

当仅使用二极管选择常规编码的时候，可得到如图 10—25 所示的 256 种常规编码中的一种输出。如果为了对常规编码加以扩展，在键输入/输出电路的 KI/O_0～KI/O_7 端口可再附加 200kΩ 的上拉电阻，使常规编码的反码与之相对应，上拉电阻的输出端口的 bit 值不反转输出，也就是利用把常规编码的反码部分编码化，则可使常规编码选择扩大 256 倍，从而使可选用的常规编码扩充到 65536 种，如图 10—26(a)所示。

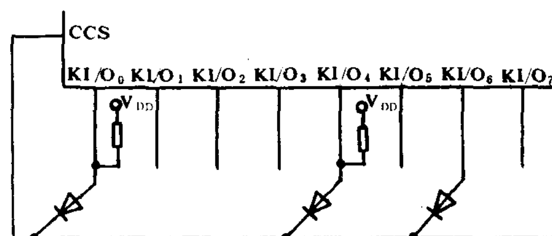
换句话说，红外遥控编码的常规编码利用附加在常规编码选择 CCS 端口和键输入/输出的 KI/O 端子的二极管以及附加在 KI/O 端口上的上拉电阻可设定 65536 种常规编码中的一种。常规编码的高 8 位 C_0～C_7 由 CCS 端子与 KI/O 端口之间附加的二极管决定。加二极管者为“1”，反之则为“0”。而对于常规编码的低 8 位由附加在 KI/O 端子上的上拉电阻决定，加了上拉电阻则设定了常规编码低 8 位的不反转 bit 位，即设定该 bit 位为“1”。所以“1”对应 C_0～C_7 不反转，而“0”相对于 C_0～C_7 反转。例如图 10～26(b)所示连接方法，其常规编码的高 8 位为 10001010，低 8 位是 11111101，C'_0 和 C'_4 由于接了上拉电阻因而不反转，所以图 10—25(b)所示连接方式设定后的常规编码输出如下所示：



（a）编码结构

（b）编码波形

（a）扩展常规编码的红外遥控波形图



（b）常规编码构成举例

图 10—26　扩展常规编码结构及红外遥控波形图

常规编码高 8 位								常规编码低 8 位							
1	0	0	0	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1
C_0	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6	C_7	C'_0	C'_1	C'_2	C'_3	C'_4	C'_5	C'_6	C'_7
								C_0	$\overline{C_1}$	$\overline{C_2}$	$\overline{C_3}$	C_4	$\overline{C_5}$	$\overline{C_6}$	$\overline{C_7}$
								不反转				不反转			

由于遥控编码集成电路内部通常设有常规编码 ROM，所以可利用将常规编码写入掩膜 ROM 的方法，省去附加二极管和上拉电阻。常规编码在集成电路制成后掩膜输入，从而大大减少其外部附加元件。

此外，常规编码的低 8 位如果不扩展，由于它是常规编码高 8 位的反码，所以这时 16bit 常规编码所占用的时间为：

$$t = 8 \times (t_0 + t_1) = 8 \times (1.125 + 2.25) = 27\text{ms}$$

如果常规编码低 8 位加以扩展时，则当其 16bit 全为“0”时：

$$t = 16 \times t_0 = 16 \times 1.125 = 18\text{ms}$$

而当其 16bit 全为“1”时：

$$t = 16 \times t_1 = 16 \times 2.25 = 36\text{ms}$$

所以常规编码低 8 位如果扩展，16bit 常规编码所占用的时间为：

$$18\text{ms} < t < 36\text{ms}$$

数据编码是由 8bit 构成的，$D_0 \sim D_4$ 对应于键矩阵的 $K_1 \sim K_{22}$，D_5 在双重键按下工作时为“1”。D_7 受选择端口 SEL 控制，SEL 端口接高电平可使 D_7 为“0”，反之 SEL 端口接低电平时，D_7 为“1”。键数据编码如表 10—5 所示。由于数据编码低 8 位规定为是其高 8 位的反码，所以数据编码所占用的时间为：

表 10—5　　　键数据编码

键	连接					数码								注释
	KI_0	KI_1	KI_2	KI_3	KI/O	D_0	D_1	D_2	D_3	D_4	D_5	D_6	D_7	
K_1	*					0	0	0	0	0	0	0	0/1	
K_2		*			KI/O_0	1	0	0	0	0	0	0	0/1	
K_3			*			0	1	0	0	0	0	0	0/1	
K_4				*		1	1	0	0	0	0	0	0/1	
K_5	*					0	0	1	0	0	0	0	0/1	
K_6		*			KI/O_1	1	0	1	0	0	0	0	0/1	μPD1913C 和 μPD6120C 未使用该组数码
K_7			*			0	1	1	0	0	0	0	0/1	
K_8				*		1	1	1	0	0	0	0	0/1	
K_9	*					0	0	0	1	0	0	0	0/1	
K_{10}		*			KI/O_2	1	0	0	1	0	0	0	0/1	
K_{11}			*			0	1	0	1	0	0	0	0/1	
K_{12}				*		1	1	0	1	0	0	0	0/1	
K_{13}	*					0	0	1	1	0	0	0	0/1	
K_{14}		*			KI/O_3	1	0	1	1	0	0	0	0/1	μPD1913C 和 μPD6120C 未使用该组数码
K_{15}			*			0	1	1	1	0	0	0	0/1	
K_{16}				*		1	1	1	1	0	0	0	0/1	
K_{17}	*					0	0	0	0	1	0	0	0/1	
K_{18}		*			KI/O_4	1	0	0	0	1	0	0	0/1	
K_{19}			*			0	1	0	0	1	0	0	0/1	
K_{20}				*		1	1	0	0	1	0	0	0/1	
K_{21}	*					0	0	1	0	1	0	0	0/1	
K_{22}		*			KI/O_5	1	0	1	0	1	0	0	0/1	
K_{23}			*			0	1	1	0	1	0	0	0/1	
K_{24}				*		1	1	1	0	1	0	0	0/1	
K_{25}	*					0	0	0	1	1	0	0	0/1	
K_{26}		*			KI/O_6	1	0	0	1	1	0	0	0/1	
K_{27}			*			0	1	0	1	1	0	0	0/1	
K_{28}				*		1	1	0	1	1	0	0	0/1	
K_{29}	*					0	0	1	1	1	0	0	0/1	
K_{30}		*			KI/O_7	1	0	1	1	1	0	0	0/1	μPD1913C 和 μPD6120C 未使用该组数码
K_{31}			*			0	1	1	1	1	0	0	0/1	
K_{32}				*		1	1	1	1	1	0	0	0/1	

$$t = 8 \times (t_0 + t_1) = 8 \times (1.125 + 2.25) = 27\text{ms}$$

因而传输一条红外指令需用 58.5ms～76.5ms。

红外编码集成电路一般来说，对于所有的按键均加入了双重键按下保护电路，在两个以上的键同时按下时不发送红外指令。但 μPD6121G 集成电路对于 K_{21}与 K_{22}、K_{21}与 K_{23}、K_{21}与 K_{24}按键如果按照其规定的按键优先顺序方式，则可实现双重键按压传送。也就是在按下 K_{21}键 126ms 以后再按压 K_{22}～K_{24}其中一键，如图 10—27 所示，便可实现双重键按压工作方式。红外编码电路在 126ms 之内传送 K_{21}键编码，126ms 以后传送双重键按压红外编码。如果按下 K_{21}键后不到 126ms 便按压 K_{22}～K_{24}其中某键，红外编码集成电路先传送 K_{21}键编码，然后从按下 K_{22}～K_{24}之时起拒绝发出红外编码。反之，如果先按下 K_{22}～K_{24}其中一键，在 126ms 后，再按压 K_{21}键，红外遥控编码集成电路只执行单键操作，也不发出双重键按压红外编码。双重键按压工作方式对于录像机防止磁带误记录最为适用，双重按压工作编码如表 10—6 所示。

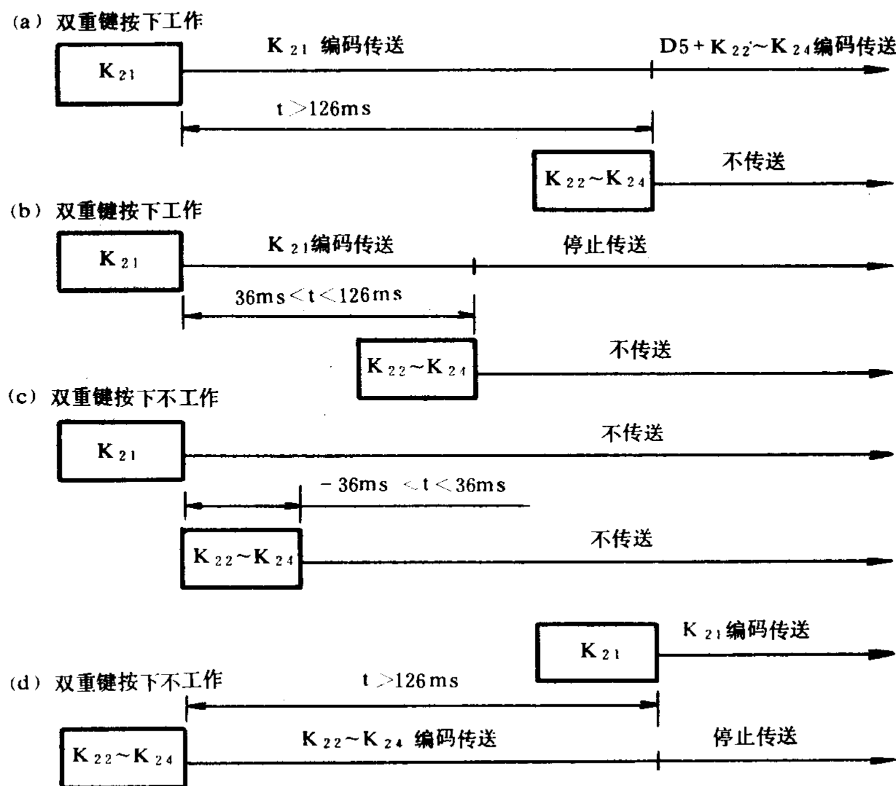


图 10—27 双重键按压工作方式

表 10—6 **双键编码**

键	D_0	D_1	D_2	D_3	D_4	D_5	D_6	D_7
$K_{21}+K_{22}$	1	0	1	0	1	1	0	0/1
$K_{21}+K_{23}$	0	1	1	0	1	1	0	0/1
$K_{21}+K_{24}$	1	1	1	0	1	1	0	0/1

红外遥控编码指令是调制在载波上进行传递的，红外遥控的载波频率为：

$$f_C = \frac{f_{osc}}{12} = \frac{455}{12} = 38\text{kHz}$$

载波波形如图 10—28 所示，所以每个脉冲由 21 个 38kHz 的波形组成，因而每个高电平脉冲宽度为 0.56ms，每条指令在 108ms 之内传送完毕。

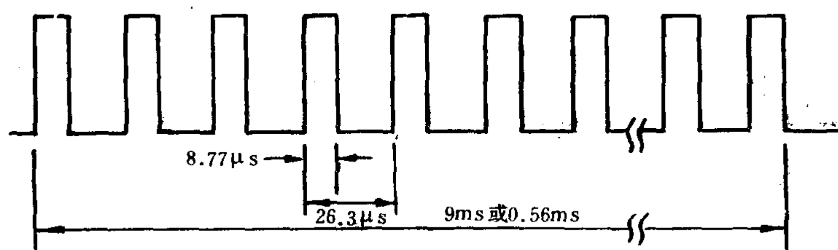
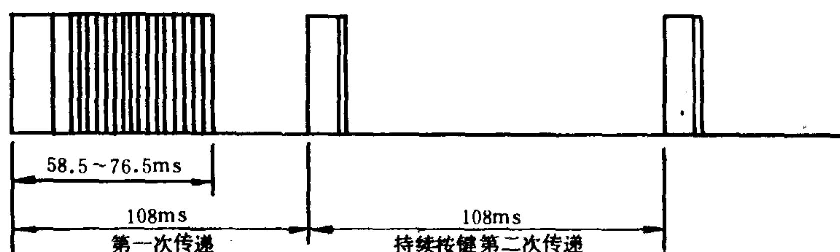
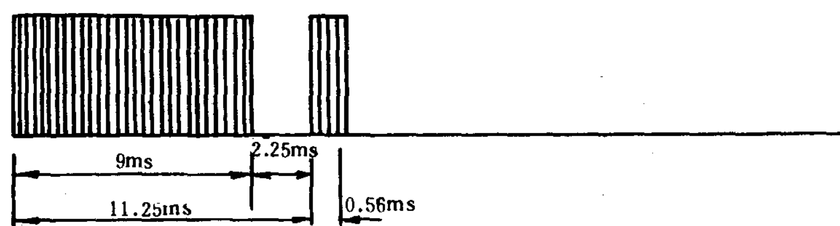


图 10—28　载波波形

由于载波信号的占空比为 1/3，所以流过红外发光二极管的平均电流只有峰值电流 I_P 的 3%，因而可进行高效率的传递。126ms 为一个传送周期，一个周期传递结束，然后再开始下一个周期的传送。如果操作者持续按键时，则第二个周期及其以后传递的内容不再包含常规编码和数据编码。红外遥控编码集成电路只发出引导编码，且关断"0"间隔时间也由 4.5ms 缩短为 2.25ms，用以减小红外发光二极管的消耗功率。这时消耗功率由引导编码的占空比支配，直到操作者松开按键之后，这种循环传送方才结束。如图 10—29 所示。



(a) 红外遥控连续传递波形



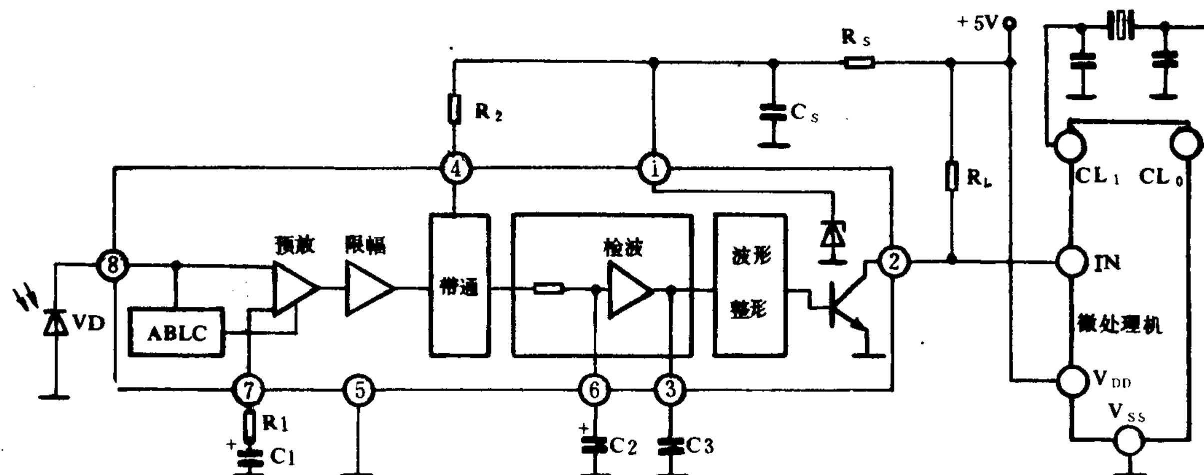
(b) 第二次传递放大波形

图 10—29　持续按键红外遥控输出波形

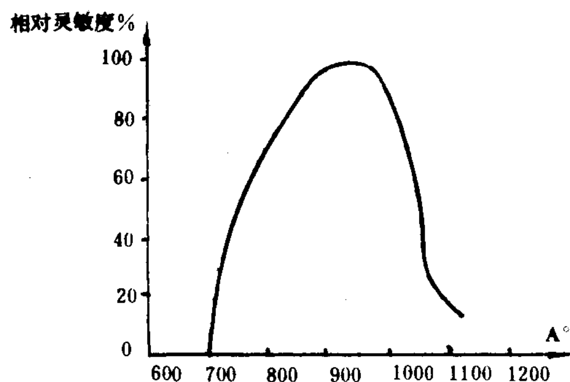
10.3.4　红外遥控接收电路

红外遥控接收电路是由红外接收光敏器件、预放器、自动偏压控制(ABLC)限幅电路、带通滤波器、检波电路、整形电路和微处理机等组成，如图 10—30(a)所示。

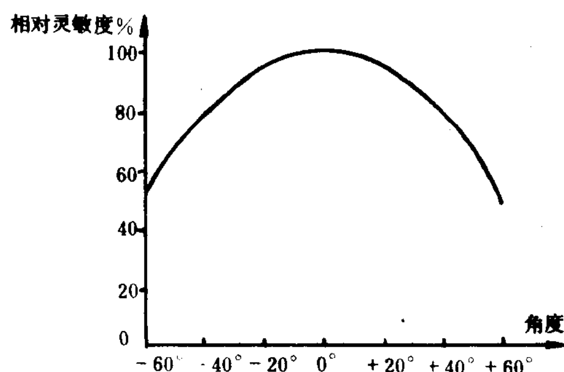
通常红外遥控接收电路除微处理机和红外接收光敏器件外，其余部分由一片集成电路来完成。红外接收光敏器件是一种专门设计的具有相当大的吸收面积和高灵敏度的光敏二极管。它的接收光波的中心波长也是 9500A°，但它的工作波长范围略宽于遥控器上发光二极管的波



(a) 红外遥控接收电路



(b) 红外光敏二极管接收特性曲线



(c)

图 10—30 红外遥控接收器电路方框图及光敏二极管接收特性曲线

长宽度，其特性曲线如图 10—30(b)所示。红外光敏二极管把接收到的光信号转换成电信号，把它送至集成电路的第⑧脚上。此端子的输入阻抗为 40kΩ。当红外光敏二极管接收到遥控器发出的红外编码信号以后，产生一个与红外光信号相对应的电信号。这个信号送入预放器放大。预放器为差分放大器，并在输入端内部设有自动偏置电平控制(ABLC)电路。由于发射器和接收器之间的距离会经常变化，这就要求预放器应有较宽的动态范围。为此设置了自动偏压控制电路，就象设置自动控制电平电路一样。当红外光很强时，为了防止预放器饱和，自动偏置电平控制电路起控，调整预放器工作点。放大后的信号再由限幅电路限幅，去除信号的寄生调幅及噪声干扰信号，然后进入带通滤波器。该带通滤波器实质上是一个谐振放大器，其谐振的中心频率可由 R2 调整。当 R2＝160kΩ 时，带通滤波器的中心频率约为 38kHz。这样，只有频率为 38kHz 的载波信号能够通过，其它频率成分的信号均被滤掉，从而消除干扰。检波采用峰值包络检波电路，C2 是检波电容，C3 为积分电容。调制信号经检波，使其成为与红外输出编码相同的二进制数码信号，再经整形电路，将检波器输出信号的脉冲沿变方，即还原成标准的 PPM 编码脉冲串信号，最后送入录像机的微处理机进行解码。录像机的微处理机在接收红外编码信号时有两种方式：一种是微处理机串行输入端口带有移位寄存器，能将红外编码 PPM 重新变为能为微处理机辨认的串行输入码，然后由微处理机直接译码；另一种是由中断输入端口输入，由微处理机用软件接收和译码。在译码过程中，为了保证解出的信号是正确的指令而不是干扰信号，译码采取程序判断信号时间间隔的方法，判别其正确与否。如果接收到的信号引导码的低电平持续时间小于 3.31ms，便停止接收。只有当引导码基本符合图 10—25 所示的时间关系

时，微处理机才重新进入接收状态。当微处理机判断引导码正确无误后，便继续读入接收信号并进行译码。微处理机将“0”电平与“1”电平的时间间隔范围分别定为：1.125±0.5ms 认定为“0”，2.25±0.5ms 认定为“1”。此外译码还采取用接收信号中常规编码的低 8 位和数据码的低 8 位与它们的高 8 位进行反码计算，判断是否与其高 8 位互成反码。如果不是，便终止往下执

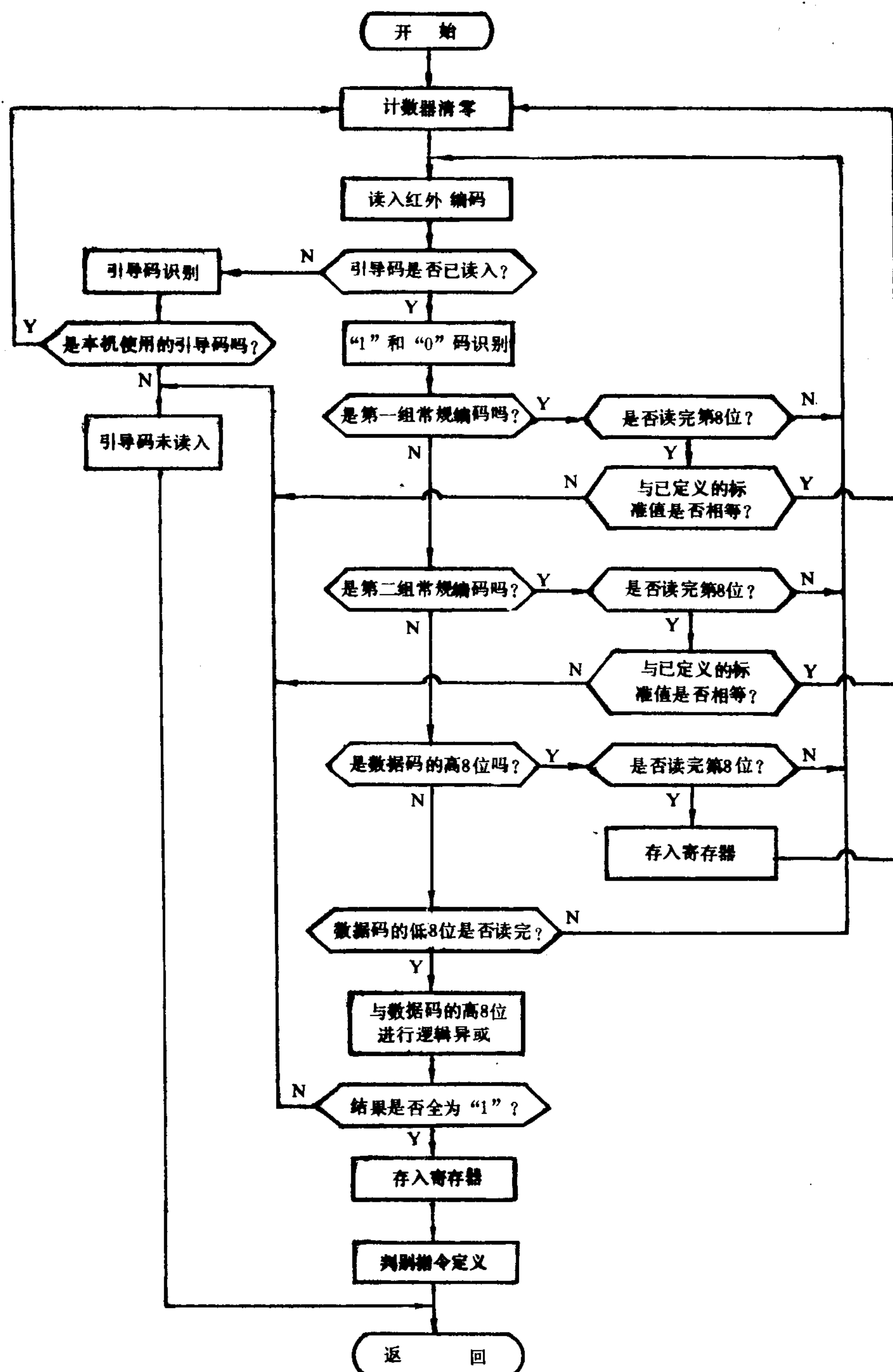


图 10—31 接收红外编码程序流程图

行。所以采取以上两个预防措施，就能可靠地接收和译码。

图 10—31 所示是微处理机接收红外编码的一种程序流程图。当有编码指令输入时，微处理机首先判断引导码是否已读取过，如果未输入过引导码，微处理机则将它判为引导码，并按引导码识别；如已读入过引导码，微处理机则将新输入的数码进行“0”和“1”的判别，然后再判断它是常规编码还是数据码，是高 8 位还是低 8 位。如果是常规编码，因其低 8 位采用了扩展编码，所以不能采用反码计算法识别，而是与定义过的常规编码进行比较，看是否属于已定义编码；如果是数据码，则与其反码进行逻辑异或运算，看是否全为“1”。上述每一步如发现异样，均将终止接收和识别，返回原主程序。只有当红外指令编码准确无误，微处理机才根据其正确的数据码，判别指令定义，进行相应控制。

第十一章　日立VT—427(747)录像机电路及机械系统分析

日立VT—427E(以下简称427E)是VHS1/2英寸螺旋扫描盒式磁带录像机，使用12.65mm宽的VHS型盒式磁带。在录像带上记录的磁迹符合国际电工委员会(IEC)制定的VHS标准。427E在外观造型和机器性能上与VT—426E完全一样(仅红外遥控器和色度处理通道作了局部更改)，它是日立公司80年代中期推出的换代性产品，和以前日立公司的录像机比较，它采用直接驱动式DD主导轴电机和精密复合注塑机心底座，使机心高度降低(从90mm减少到76mm)；应用了HQ视频新技术、新型数字式超大规模伺服集成电路、液晶显示的红外遥控器，使427E具有体积小、重量轻、造型美、操作简便、功能完善、质量可靠等优点。它是我国组织技术和设备引进的优选机型，是目前我国市场上销售最多的机型之一。

本章首先概述VT—427E的特点和构成，然后分系统介绍各部分的工作原理，最后对427E以后日立公司推出的机种VT—747应用的新技术作一些分析和介绍。

本章电路分析部分采用纵向叙述法，按各种状态信号流程在电路图上展开，分析各部分的电路原理。然后以主要集成电路为中心，简要说明各集成电路的作用、状态转换，给出集成电路的主要数据和波形，力求实用性。由于篇幅所限，本书略去了绝大部分的电原理图，只给出方框图，请读者具体分析时，参阅有关书籍或技术图册。

本章机械结构原理分析部分，将录像机的机械系统分成若干功能相对独立的部分，分别介绍其结构原理及各种动作状态的工作原理。由于录像机生产厂家的不同，其机械零部件构成不尽相同，功能相同或相近的机械零部件名称叫法也不同。例如，导带滚轮也称作垂直导柱，倾斜杆也称作倾斜导柱等。本书沿用厂家原来用法。

11.1 概　　述

11.1.1 VT—427E录像机的主要特点

1. 符合“VHS”格式标准

VT—427E是三磁头录像机，在直径为62mm的上磁鼓中装有三个视频磁头，其中二个磁头相隔180°，分别具有±6°的方位角。记录时，磁头鼓每旋转一周，两个磁头各在围绕它的磁带上螺旋式扫描记录一场电视信号，相邻磁迹之间没有保护带，存在12°的方位角偏差，磁头鼓的旋转频率是25Hz，磁带的走带速度是23.39mm/s。其记录磁迹形图符合VHS格式标准，参见图2—6。记录视频磁迹宽度为49μm，与磁带基准边的夹角等于5°56′7.4″，音频是单声道，磁迹宽度为1.0mm，占据了音频CH1、CH2磁迹和音频磁迹保护带的宽度。

在427E上磁鼓正方位角的CH1磁头旁620μm处装有一个负方位角的CH3磁头，和CH2磁头同方位角，也称特技重放磁头。实际上CH1和CH3是做在一起的组合磁头，俗称双缝隙磁头。重放时427E使用CH1和CH2一对方位角相反的磁头在磁带上扫描各自方位角对应的磁迹，以重现记录图像。静放时，427E采用CH—2和CH3一对负方位角的视频磁头扫描负方位

角磁迹的同一条磁迹(称逐场静放方式),以得到高质量的静放图像,见图 11—1,427E 上磁鼓磁头构成示意图。

427E 录像机视频磁头缝隙宽度为 65μm,因此它记录时每条磁迹宽度是 65μm,但是因为磁带走带速度是标准带速,所以下一个磁头记录时在已记录的磁迹上重叠了 16μm,实际保存的视频磁迹宽度仍是标准的 49μm。以后分析静放时可以看到磁头缝隙宽度大于磁迹宽度可以提高搜索、静放和慢放的图像质量。

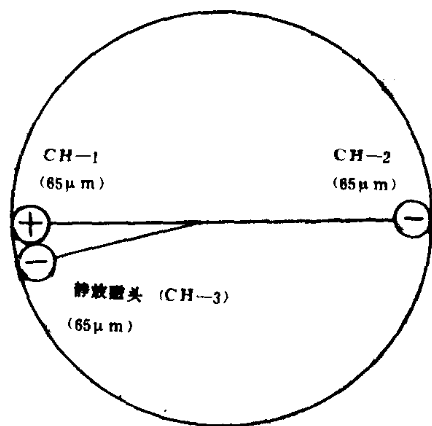


图 11—1 427E 上磁鼓磁头构成示意图

427E 彩色电视信号的记录方式是先将亮度和色度信号分离,将亮度信号进行调频调制处理,使亮度调频信号的瞬时频率与亮度信号的幅度呈线性关系,将色度信号副载波频率降频,从原来的 4.43MHz 降到 627kHz,然后将两者混合,安排在不同的频段上记录到磁带上。

427E 和其它 VHS 录像机一样,对色度信号采用 PS 方式逐行移相 90°电路和 2H 梳状滤波器来抑制色度降频信号的邻近磁迹串扰。规定磁迹 CH2 上记录的色度信号相位逐行移相(—90°),而 CH1 磁迹的相位不变。

427E 采用 M 形走带机构,参见第七章图 7—1。这种机械结构的主体是一个平面底座,磁带运行的主要路径:供带盘、张力杆、导带杆、全消(FE)磁头、阻尼滚轮、左(入侧)导带滚轮、左(入侧)倾斜杆、磁鼓、右(出侧)倾斜杆、右(出侧)导带滚轮、音/控磁头(A/C 磁头)、主导轴、压带轮及收带盘。磁头鼓倾斜地安装在底座上,倾斜的角度是 5°56′,磁头二旁的左、右倾斜杆把原来垂直底座的磁带平面改变方向,使磁带平面和倾斜磁鼓的柱面很好地相切。M 形走带方式结构比较简单,磁带引出量小,装卸磁带时间短,机器体积小,但是导带滚轮二侧磁带张力变化稍大。

2. 采用高质量图像(HQ)技术

VHS 家用录像机记录信号上限频率较低,427E 在 7MHz 处已经有 15dB 以上的衰减。而记录频段的低端 627kHz±500kHz 的范围内要安排降频以后的色度信号的记录,亮度调频信号只有 1.2MHz～6MHz 多的频率范围。因此 VHS 录像机的亮度调频记录只能采取低载频、低调制度、残留边带调频方式。低调制度使视频调制信号的能量都集中在第一对旁频处,占有频带较窄。残留边带方式使 VHS 调频记录只记录调制频率的下边带、载频和靠近载频一部分上边带。因此 VHS 制式视频记录重放系统的高频响应较差。根据第一章对调频波的分析:调频通道产生的"噪声"经解调后,出现在视频带宽内的分布是不均匀的,频率越高,"噪声"幅度越大,使视频信号高端的信噪比下降比低频段要严重。这就使 VHS 制式录像机的视频频率特性和信噪比都受到极大的限制,记录视频范围在 3MHz 上下,清晰度仅 240～260 线。当然这还是在采用了很多技术措施才得到的。近年来,由于视频磁头特性和磁带质量的提高,使 VHS 录像机有可能采用高质量图像(HQ)新技术,以得到高质量的记录重放图像。427E 就使用了这些技术。VHS HQ 录像机和普通的 VHS 是兼容的,两者记录的磁带有互换性。HQ 技术包括:

① 高频预加重后的白切割电平增加 20%。在 VHS 录像机中,记录的视频亮度信号在调频前,为提高信噪比,要先进行预加重和切割处理。预加重的网络特性参见第二章图 2—7。切割电平规定:以同步顶到白电平为基准 100%,白切割电平为 $160\pm{}^{10}_{5}\%$,黑切割电平为—40±10%。当高频成分受到预加重电路的提升时,含高频成分丰富的亮度脉冲跳变沿(如图 11—2

(b))会产生尖峰脉冲叠加于信号上，如图 11—2(c)所示。但预加重的加重量超过限度时，信号在受到频率调制时在白色峰值电平的尖峰部会发生过调制现象，以致丢失高频分量，引起黑白反转(黑电平图像转为白电平时产生随机的黑色拖尾现象)。因此在调制前要经过黑、白电平切割。加重的高频成分在频率解调以后由去加重电路还原，以此来提高频率高端的信噪比。当然只要不产生黑白反转的畸变，加重量大一些效果要显著一些。由于磁头磁带记录重放系统频率特性的改善，VHS HQ 技术得以实现。将白切割电平提高 20%，从 160%变成 180%，以增强脉冲跳变沿的高频成分，如图 11—2(e)所示，结果图像亮度跳变的轮廓变得清晰。

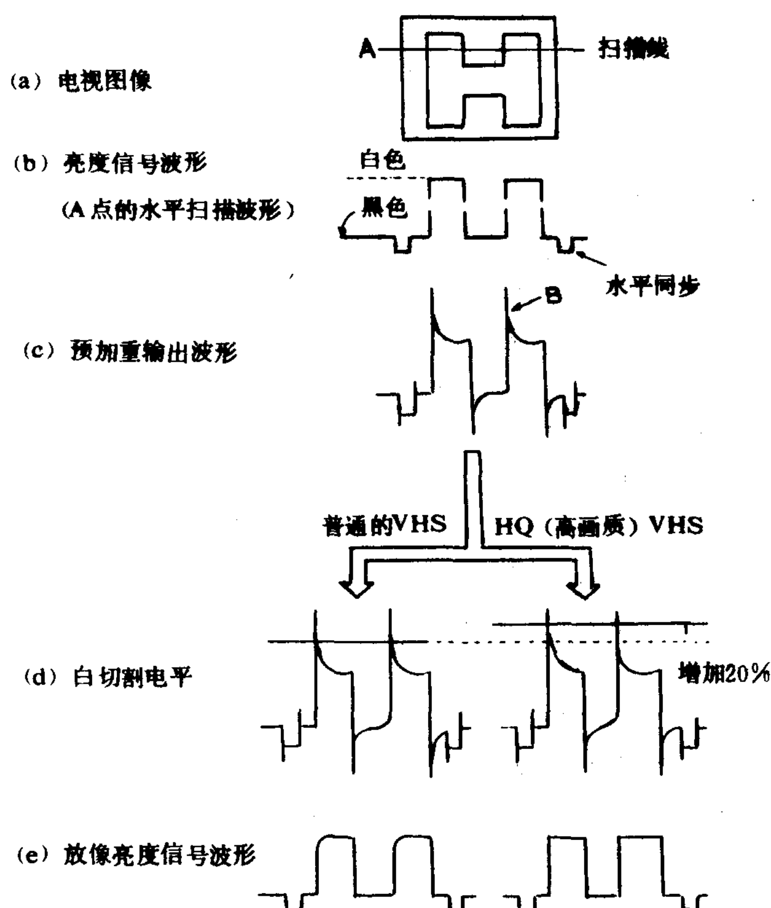


图 11—2 白切割波形

② 采用细节增强器。前面曾讲过 VHS 录像机视频信号通道高频特性衰减较多，而高频特性反映了图像的细节(如草坪、头发等)。特别在暗场部分，因为信号本身较小，高频分量衰减的矛盾更为突出。细节增强器根据输入信号的大小来改变记录高频分量的提升量，以弥补上述损失。427E 细节增强采用动态加重电路使小信号高频成分提升得多些，随输入电平的大小来改变加重电路常数。记录输入电平弱时，高频提升量增加；输入电平高时，加重量随之变小。细节增强器和非线性预加重不同，记录时细节增加器提升高频小信号分量，在重放电路中不作相应的去加重处理，因此它增强了图像的细节效果。图 11—3 为其细节增强器动态加重特性。

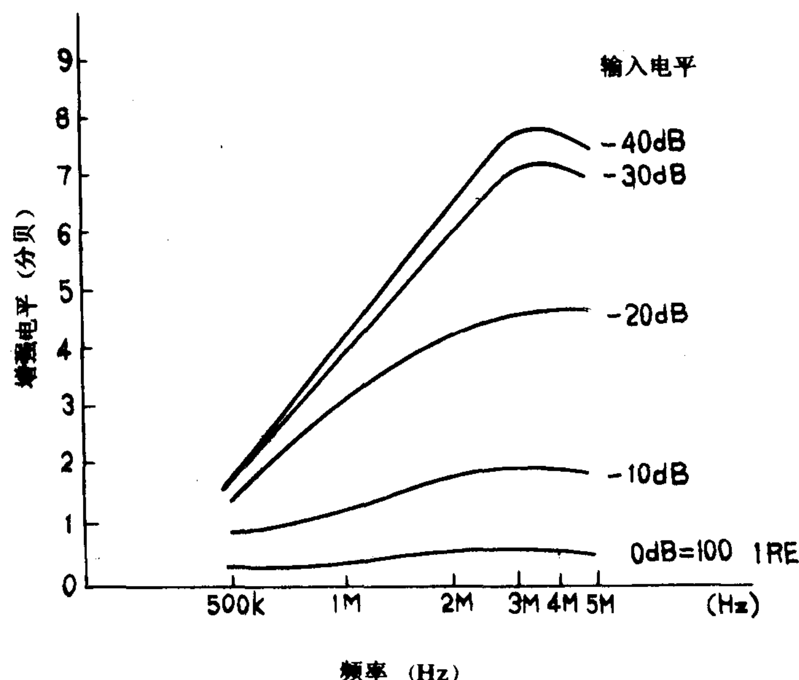


图 11—3 细节增强器动态加重特性

③ 采用亮度信号垂直处理器。427E 亮度信号垂直处理器实质上是一个新型的相关噪声消除器。它利用电视图像的邻行相关性和白噪声的性质，使用一行电荷耦合延迟电路，使解调后的视频直通信号和 1H 延时信号相加，而噪声相减，以达到提高信噪比的目的。427E 录像机将失落补偿器和亮度垂直信号处理器做在一起，公用一个 CCD 电荷耦合延时器。图 11—4 是它的原理方框图。重放亮度调频信号经解调滤波后、由⑦脚进入 IC202，在非失落状态经 SW1 分别输到运算放大器 1 和 2 的正输入端。经运放 2 处理后的信号由 IC202 的①脚输出。IC203 是电荷耦合式 64μs 的延时线，它将 IC202 的①脚的输出信号延迟一行又反馈回 IC202 的④脚，即运放 1 的负输入端。经延时信号和下一行信号在运放 1 中相减，图像信号由于邻行相关性而抵消，而无相关性的白噪声 A，则不能消去，而通过限幅器以得到电平适中的白噪声 B，加至运放 2 的负输入端。在运放 2 中从直通视频信号中减去 B 噪声，以改进信号噪声比。垂直信号处理器形成一个负反馈环，使信号循环两次和三次时，垂直信号处理器将 2H 以前的信号重叠以增强降噪效果。

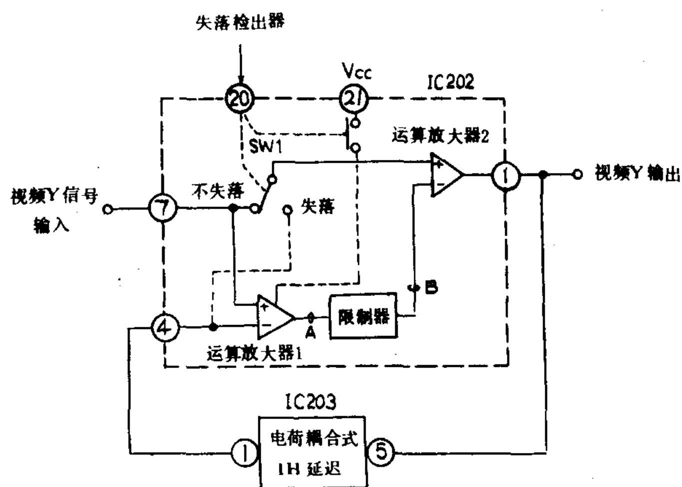


图 11—4 亮度信号垂直处理器原理方框图

④ 采用彩色信号垂直处理器。彩色信号垂直处理器的基本原理和亮度信号垂直处理器基本相同，不同的是用 2H 延迟线代替 1H 延迟线，以滤去彩色电路的白噪声，提高信噪比。该电路在 427E 中没有使用。

427E 采用上述四项 HQ 技术中的三项，使视频信噪比提高到 43dB，水平清晰度达到 260 线(彩色)。

3. 良好的特技重放功能

录像机特技重放(静放、慢放、帧进、搜索)功能的优劣是衡量机器水平的重要内容。427E 的特技重放图像稳定而清晰且无噪声带，除了上面所说的采用宽磁头缝隙的三磁头技术外，还采用下述技术措施：

① 直接驱动式(DD)主导轴电机，使带动磁带运行的主导轴和电机转轴为一体，避免了皮带传动的起动和滑动误差。

② 伺服电路具有静放图像噪声检测功能，由微处理机发出控制信号，调整磁带运行位置，使静放时 CH2 和 CH3 磁头都能正确地扫描磁带上的 CH2 磁迹。

③ 由控制系统和伺服电路产生加速驱动脉冲、制动脉冲和鼓转速调整信号，及时调整磁鼓和主导电机的运行位置。由伺服电路产生模拟(伪)场同步脉冲，替代由于静放所引起的场同步信号的亏损。427E 采用静放和帧进相结合的办法来实现慢放。慢放速度用遥控器在 1/5～1/30之间可方便地变化。

4. 节目索引功能

在一盘磁带上录有多个视频节目时，重放时很希望能迅速方便地找到各个节目的片头。用 427E 索引状态记录的磁带在重放时，能很方便地找到每一个节目的片头部分。427E 索引记录状态时，在每个节目的片头位置利用 CTL 信号在磁带上记下索引片头标记，在重放时用遥控

器置机器于快进状态(或倒带)快速向前(或向后)寻找索引片头标记,当机器找到节目片头标记时,机器自动进入5倍速搜索状态,且持续30s(秒),供操作者观看是否需要重放该节目。如果需要看这个节目,操作者可按重放键,输入重放命令,机器就进入重放状态;如果没有输入重放命令,30s(秒)以后机器又自动返回快进(或倒带)状态,快速寻找下一个节目片头标记。

5. SECAM自动识别

427E能自动识别SECAM制信号,记录SECAM制式的节目,并重放该机种记录的SECAM节目磁带。

6. 电压合成式自动调谐器

427E有自动调谐接收电视节目的功能。由微处理机系统输出的数字编码信号,对调谐器(俗称高频头)产生电视频段、频道的调谐电压,微机系统监视高频头的中频输出信号。当高频头接收到电视台信号时,微机就停止扫描电压的变化,该电视台的调谐接收过程就自动完成。机器把接收电视节目的波段信息、频道扫描电压以数字码的形式存储在EAROM存储器中,供接收电视信号时调用。自动调谐器是使用集成电路来记忆各电视频道所需的调谐电压信息,和以前VT—330、VT—340用电位器分压电路来记忆调谐电压不同。这里不用机械切换开关,可记忆的频道数多,而且便于红外遥控操作。

7. 带液晶显示的红外遥控器

427E红外遥控器有一块液晶显示屏,时钟的校准、定时记录的编程,都可以借助液晶显示屏在遥控器上方便地预置好,然后通过红外发射窗口去操作录像机。427E的所有操作功能(自动调谐除外),几乎都可以用遥控器操作。红外遥控器还可以操作整机输入键盘上没有的功能,如慢放速度调节等,此外它又是一只计时准确的时钟。

8. 其它功能

427E还有很多其它功能,如定时编程记录、即时记录、峰鸣器和输入键盘应答、自动循环放像、简单组合编辑、断电保护等很多有用的功能。

11.1.2 VT-427E录像机的构成

1. 视频系统

视频系统分记录和重放处理二个可逆过程。记录时,从接收到的电视节目信号和线路输入信号中选出一种进行处理,通过视频磁头记录在磁带上。427E中,记录和重放通道大多数器件和集成电路都是公用的,靠控制系统对晶体管和集成电路控制切换使工作状态转换。

接收电视高频信号并将其转变成视频信号、音频信号的任务是由调谐器和中放、解调器完成的。调谐器采用电压合成式本机振荡器,可接收国内VHF1—12频道和UHF13—57频道的任一频道。电视制式为PAL(D)和PAL(I)二种。在中放、解调器中,“D”和“I”伴音制式转换是自动进行的,图像中频为38MHz,采用声表面波滤波器。

427E中,可将视、音频输出信号变换成UHF25频道(22～26可调)电视信号,由RF变换器完成。调谐器、中放、解调器、变换器都做成独立的部件。

2. 机心

427E采用Z机心,它是三电机式的,各部件的驱动由三个电机分别承担。鼓电机使上磁鼓(带视频磁头)高速旋转,主导电机带动磁带运行,并兼磁带盒的下降和排出、带盘的旋转。加载电机则完成磁带的加载和卸载。427E采用了先进的扁平型无刷直流主导轴电机,提高了主导伺服精度。该机还设置了快进、倒带状态的半加载机构,在快进、倒带状态下能拾取CTL信号,

使索引功能得以实现。Z 机心结构紧凑，总高度仅 76mm，使 427E 的外形高度从 VT-136 的 95mm 降低到 81mm。

3. 伺服系统

记录时，427E 伺服系统以输入视频信号场同步脉冲为时间基准，控制磁鼓旋转，使场同步脉冲前沿时间和视频磁头切入磁带时刻有固定的相位关系；控制主导电机的转速，使主导电机带动磁带运行速度为恒速(23.39mm/s)。与此同时，伺服系统还把帧频信号经过处理通过控制磁头记录到磁带的控制磁迹上。重放时，以机内 4.43MHz 晶体振荡器信号为时间基准，控制鼓和主导电机运行，使视频磁头在磁带上的扫描正确地对准视频磁迹。伺服系统还产生磁头开关切换脉冲，去切换视频磁头。427E 采用数字伺服电路。磁鼓伺服和主导伺服环路的主要电路做在一块超大规模集成电路 HD49716 内。

4. 定时和控制系统

427E 的定时和控制系统采用两片微处理器对录像机进行各种操作管理，它根据操作面板或遥控器的输入按钮指令，结合机内各种状态传感器的检测信号，由微处理器内部的管理程序控制电路及机械系统按一定时序动作，以保证记录、重放、搜索、倒带、快进等各种工作状态的正常进行。当机器在运行时发生各种异常现象时，如结露、卷带盘不转、磁鼓不转等不正常情况时，427E 能自动进入保护停机状态，以免损坏机器和磁带。

因此控制系统和机器各部分：视、音频通道、伺服系统、机心中各种位置检测器、电机驱动信号、晶体管开关电路和状态反馈信息建立了严格的时序关系。427E 由于使用了二块功能强的单片微处理机，在操作时是十分方便灵活的。

5. 音频系统

音频系统和录音机的十分相似，分记录和重放两种状态，分别对音频信号进行磁记录和重放所必须的各种处理。427E 音频信号的记录和重放的主要电路都在集成块 IC402(BA7755/LS)内。音频频响范围在 70Hz～12kHz 之间，信噪比达到 43dB。音频系统还包括了消磁振荡器，在记录状态启动全消磁头工作。

6. 电源电路

电源电路不仅将交流电源转变成适宜机器各部分所需的直流电源，而且是整机控制逻辑的有机组成部分，因此熟悉 427E 电源电路的各种输出情况和互相之间的联锁关系是维修好 427E 机器的关键之一。427E 使用普通变压器降压整流、稳压电路。

7. 电路印制板以平面安装为主体结构

427E 录像机电路印刷板安装形式简捷，主要电路控制系统、视频系统、音频系统、伺服系统都安排在同一块大印制板上(主电路板)，主板安装在机器右侧的底面，左侧安装机心。定时器和输入操作键盘、显示器装在细长的定时器开关操作印制板上，同前面板平行，与底盘成垂直位置，与主印制板采用铰链式接插件联接。在加电的情况下能以绞链接插件为轴线转动，便于测试维修。电源部分采用独立部件的形式，直接安装在机心后面的框架上。RF 射频变换器、调谐器、中放、解调器、磁头放大器都做成小型盒式组件分别固定在后面板、V·S 调谐板及机心上。机心拆卸、电路测试、故障修理调试都很方便。图 11—5 示出了各电路板的相互连线关系。

8. 超大规模集成电路

427E 应用了 31 种 34 块集成电路，这些电路的应用使机器元器件个数减少，体积缩小，性能稳定。表 11—1 整理了该机集成电路的编号、型号、外形结构和主要作用。主要集成电路的

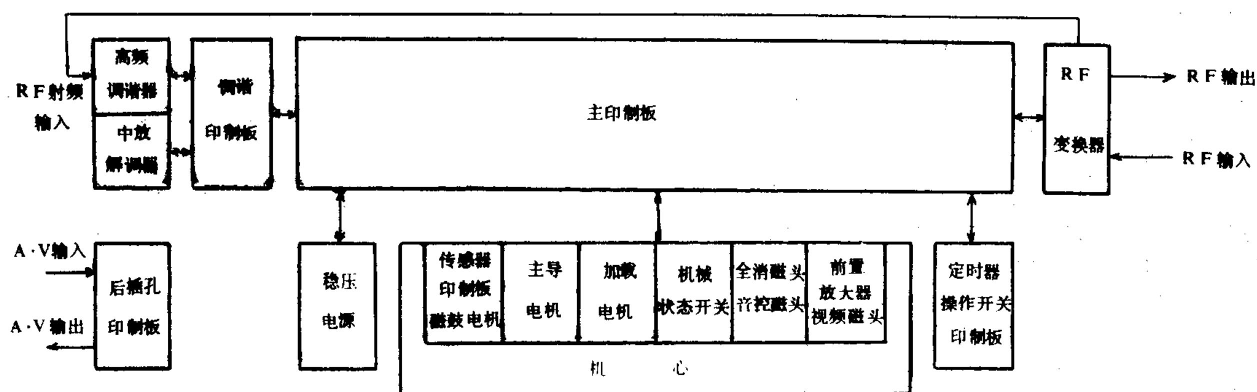


图 11—5　各电路板连线关系示意图。

详细参数在下面的章节中还要列表说明。

表 11—1　　VT-427E 集成电路概况

编号	型号	引脚	外形	功　能	备注
IC1C1	HA118017	28	FP-28 四列扁平	重放前置放大，磁头切换、记录激励、功率放大	在预放器内
IC201	HT4847G	28	双列直插	视频亮度信号处理主片，记录、重放公用	厚膜
IC202	HT4848B	28	单列直插		厚膜
IC203	HT4664A	14	单列直插	CCD 式 1H 延迟线，重放图像信号失落补偿	厚膜
IC204	HES8083	12	单列直插		厚膜
IC301	HES8455	22	双列直插	视频色度信号处理主片，记录、重放共用	厚膜
IC351	BL7025L	18	单列直插	SECAM 色度检测	
IC401	BA7755	5	单列直插	记录、重放状态转换电子开关	
IC402	BA7751LS	24	单列直插	音频信号处理主片，记、重放共用	
IC1501	LA7016	8	单列直插	记录状态视频信号选择电子开关	
IC1502	M5201L	8	单列直插	记录状态音频信号输入选择电子开关	
IC601	HD49716	64	DP-64S 双列直插	鼓、主导伺服系统主片	
IC602	M548749	32	双列直插	特技、重放控制	
IC603	HA13403	23	单列直插	鼓电机驱动电路	
IC1601	M54680FP	42	双列扁平	主导电机驱动电路	在电机上
IC701	M50954-679	64	DP-64S 双列直插	键盘扫描，译码，显示定时编程记录	
IC702	M58630P	14	双列直插	电可抹只读存储器	
IC801	LA7935	22	双列直插	调谐控制	
IC802	BA6993	8	双列直插	调谐反馈比较器	
IC803	ICP-N5	3		电流保护器	
IC904 IC403	ICP-N5	3		电流保护器	
IC901	HD614088B	64	DP-64S 双列直插	控制系统主片	

续表

编号	型号	引脚	外形	功　能	备注
IC902	BA6209	10	单列直插	加载电机驱动电路	
IC903	BA6993	8	双列直插	磁带首尾检测信号处理	
IC905	BX7570	8	单列直插	索引信号处理	
IC851	STK5372H	8	单列直插	稳压器	
中放 IC01	LA7522	30	双列直插	中放、电视信号解调	
IR701				红外遥控接收器	在小盒内
遥控 IC01	M50930-609	80	FP-80 四列扁平	红外遥控编码器	在遥控器内
RF IC1	LA7053	9	单列直插	音频、视频 RF 调制处理	在 RF 盒内
IC141	DA6851	3		霍尔电路旋转检测	机心内
IC703	3ALB	3		复位电路	
ZD801	μPC574J	2		高精度稳压器	

11.2 VT—427E 的视频系统

11.2.1 概述

427E 的视频系统有三种工作状态：记录、E-E、重放。信号输入、输出方式有二种：AV(线路)方式和 RF 射频方式。视频信号在录像机中采用将亮度信号(含同步信号)和色度信号分离后分别处理的方法。图 11—6 视频电路方框图表示了信号由输入端到输出端处理流程及其和控制系统、伺服系统、电源部件的相互关系。

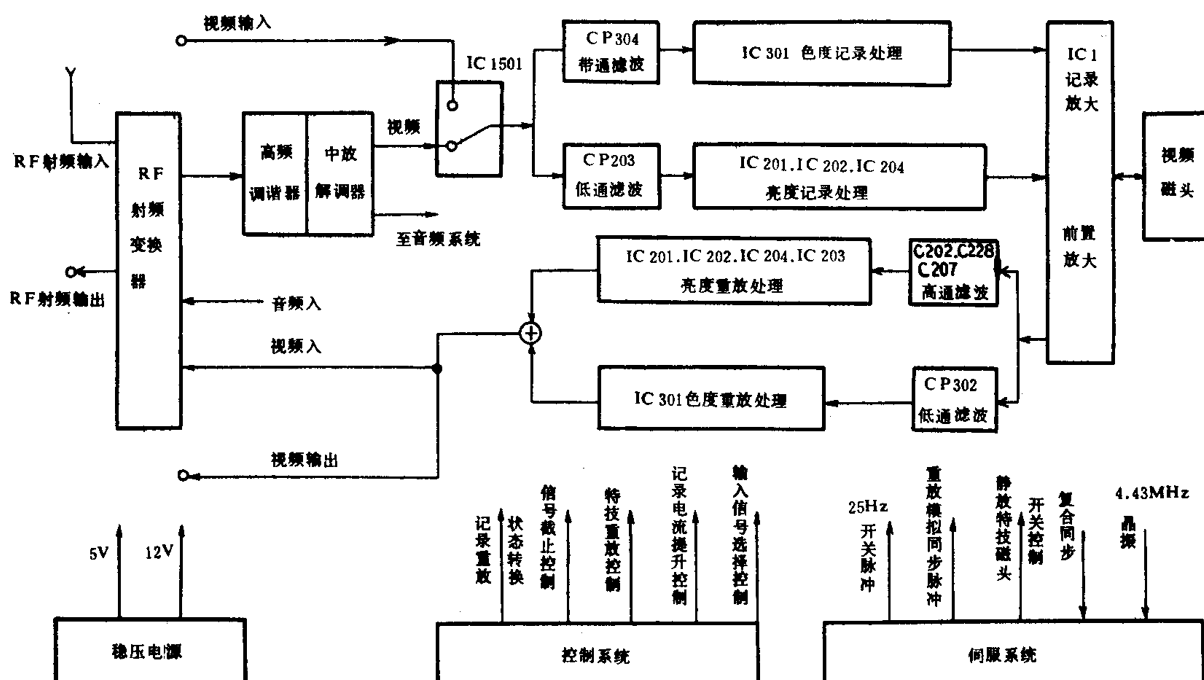


图 11—6　视频电路方框图

视频系统由 RF 射频变换器、高频调谐器、中放解调器、输入选择电路、亮度电路和色度电路组成。427E 记录和重放状态的大部分电路都是公用的，它们靠控制系统的信号来转换工作状态。

1. 主要电路

(1) RF 射频变换器、高频调谐器及中放、解调器

RF 变换器包括二大部分：天线放大器(BOOSTER)和射频调制器。由天线接收的高频电视信号经天线放大器放大后分二路输出，其一送入录像机高频调谐器，其二通过 RF 输出口送给监视器或电视机。RF 变换器用 2 组电源输入：＋12V 和 A12V，分别控制天线放大部分和频率调制部分的工作。A12V(常供 12V)供给天线放大器，只要 427E 录像机电源是插上的它就工作，而射频调制器只有录像机电源开启以后才工作，它将 E-E 监视信号和重放视、音频信号经射频调制变换为超高频的 UHF22～26 频道中的任一频道的射频信号从 RF 口输出。

高频调谐器采用电压合成调谐法来选择 VHF(甚高频)和 UHF(超高频)波段中的任一个电视频道，经选频放大、变频成为中频电视信号送入中放、解调器。调谐所需的各种控制信息，如波段转换、调谐电压由控制和定时系统微处理机供给，而自动频率控制(AFC)和 AGC 控制电压由中放解调器供给。中放、解调器和电视接收机中频部分类同，38MHz 的中频电视信号在此经选频放大，解调恢复为视、音频信号，送输入选择电路。

(2) 输入选择电路

427E 使用 IC1501LA7016 双向选择电子开关来选择线路(AV)输入或调谐器接收电视信号经解调的信号。电子开关的控制端受定时和控制系统控制。该机的输入键盘中没有专门的输入选择键，而由频道输入数来表示，“AV”表示视频和音频线路方式，其它表示调谐器方式。由控制系统 IC901 的④脚输给 LA7016 的③脚控制，高电平为线路输入方式。

(3) 视频信号的 E-E 方式

E-E(电-电)状态是指非重放、记录状态(包括停止排出、快进、倒带)时从录像机输入的视频信号未经磁头记录到磁带上而直接输出的信号流程状态。其中未经电磁变换，故叫电电(E-E)方式。和其他家用录像机一样，427E 的 E-E 视频信号没有经过色度、亮度分离，仅经过输入选择 IC1501 和亮度处理集成电路 IC201、IC204、IC202 内部很少一部分电路就至输出端，供记录操作时监视输入信号用。

(4) 记录方式信号通道

记录方式视频信号首先用低通和带通滤波器从输入信号中分离出亮度和色度信号，然后分别进入各自的通道。

在亮度通道中，视频信号先由自动增益控制(AGC)电路放大，以形成一个同步顶和白电平峰值之间始终保持固定不变的输出电平，然后经 4.43MHz 的陷波器和 3MHz 的低通滤波器，滤去色度信号和不必要的高频成分，视频全电视信号变成亮度信号。AGC 和 3MHzLPF 电路都在 IC201 内部。

从 IC201 出来的亮度信号，经低通滤波器 CP203 滤波，它也超延迟亮度信号相位以均衡与色度信号的时延差。IC204 在记录时实际上是一个低通滤波器，使有用视频信号通过，消除高频噪声，然后由钳位电路来恢复图像信号的直流电位，使亮度信号的同步顶、黑电平、白电平都有固定的直流电平，使被实施频率调制时信号的相应电平能对应标准的调制中心频率，如图 11—7。

在钳位电路之后，调频之前对信号进行非线性预加重(也称动态预加重)和主预加重处理，

提高（调频以前）信号中的高频成分，和重放电路的去加重电路结合以有效地改善记录-重放、调制-解调过程中的信号噪声比。调频以后的信号输入 1.4MHz 高通滤波器，它将 1.4MHz 以下的亮度调频信号分量滤去，使低频段频谱空出来和降频以后的色度信号混合，避免产生串扰，然后送入记录放大电路，再经旋转变压器输送到视频磁头，记录于磁带上。亮度信号处理过程的大部分电路在 IC201 集成电路内，混合电路和记录放大器在预放盒内。信号流程概况为：IC1501→IC201→IC204→IC202→IC201→预放→磁头。

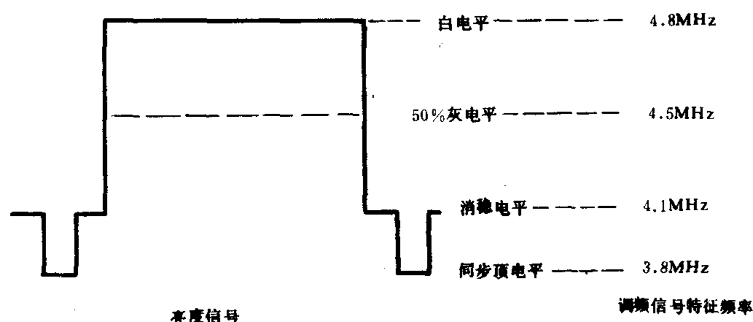


图 11—7　亮度信号调频频率

在色度通道中，视频输入信号先输入 IC301，由集成电路内部的色度自动增益控制电路放大，使色度信号不随输入信号的幅度变化，而保持一定的电平。随后通过 CP304 带通滤波器，分离出色度信号，进入 IC301 的主变频器。它将以 4.43MHz 为载波的正交平衡调幅信号的载波降为 627kHz。接着信号进入低通滤波器和色度信号抑制放大器。在记录黑白图像时，或质量很差的彩色信号时，色度抑制电路将色度通道切断，以避免色度通道噪声对亮度信号的干扰。而正常色度记录时，经抑制电路放大后的色度信号进入亮度通道混合后一起记录在磁带上。

(5) 重放方式信号通道

磁带上的剩磁信号被磁鼓上的 CH1 和 CH2 两个视频磁头扫描磁迹，交替拾取信号，经旋转变压器升压后达毫伏量级。两路信号分别被输入预放器内 CH1 和 CH2 的前置放大器，得到了充分的放大后两路输出都送至电子切换开关电路。此电路受伺服电路送来的 25Hz 开关脉冲信号的控制，它将间断的两路信号切换成一个连续的包络信号，这信号分 2 路分别进入重放亮度通道和色度通道。

在亮度通道中，信号首先进入边带均衡电路，其高频特性得到提升，以弥补由于磁头在磁带上记录重放所造成的高频特性的衰减。其次信号经 627kHz 陷波电路，滤除色度信号，仅让调频亮度信号通过。幅频特性得到修正后的调频信号进入 FM・AGC 电路，将信号放大，使输出幅度保持恒定，以消除 CH1、CH2 两路信号之间的输出幅度偏差，防止闪烁噪声。然后信号被送到相位补偿电路，修正前面均衡电路中所发生的相位偏差，避免解调时视频信号的失真。

调频信号在解调前都要通过限幅器，以消除磁头和磁带接触不均匀、磁头特性差异及其他因素产生的幅度变化，提高解调信噪比。这里采取双重限幅解调电路，将调频信号分两路分别送到高通和低通滤波器。高通滤波器允许载波以上的高频成分通过，充分衰减下边带，从而输出调频信号都是跨过零点中心线；低通滤波器的输出基本上抑制了载波以上的成分，两路信号都经过放大限幅处理，再叠加起来送解调器。这样就防止了调频波在经过限幅时可能丢失小信号高频成分，引起解调以后的图像信号发生黑白颠倒的现象。而后进入调频解调、主去加重电路，还原成亮度视频信号，再通过低通滤波器、重放幅频均衡器、失落补偿器、非线性去加重、消噪电路、钳位电路、细节增强电路等一系列处理和色度信号混合成彩色全电视信号输出。

在重放色度信号中，包络信号首先经过 CP302 低通滤波器，将色度信号分离出来，送至 IC301。在集成电路内部又经低通滤波器滤波，由 ACC 自动色度控制电路放大，经主变换器将 627kHz 低载波频率升频恢复成载波为 4.43MHz 的色度信号，经 4.43MHz(CP304)带通滤波

器，滤出有用信号，由 2H 超声延时线组成的梳状滤波器滤去邻近磁迹的色度串扰，再经彩色信号抑制放大器，然后色度信号进入亮度处理集成电路 IC201 与亮度信号混合变成彩色全电视信号，由视频线路输出或经 RF 射频变换器输出。

2. 本节需要注意的几个要点

有关视频信号录放处理的基础理论本书前面各章已经作了详细的论述，为了便于阅读本节时能抓住 427E 录像机信号处理的本质，这里把几个要点再复述一下。

(1) 视频调制信号和调频频谱之间的关系

由于视频调制信号不是对称信号，它包含有直流分量和脉冲跳变分量，因此视频信号和调频波频谱关系就比较复杂。这里有静态载波频率和动态的高频调制频率。静态载波频率即调频波中心频率。录像机中用同步顶电平、黑电平、50%灰电平和白电平几个特征电平对应的载波频率来确定调频信号的载波范围。图 11—9 表示了视频特征电平和调频载波频率的关系。动态高频调制频率即视频信号以某一直流电平为中心变化的高频信号。在视频信号中一般以不同跳变斜率的脉冲形式出现，具有丰富的高频谐波分量。这些高频谐波成分即调频调制信号，它所对应的调频波频谱是以静态载波为中心的一对对旁频。由于电视信号灰度等级是随机的，灰度变化速率也是随机的，因此调频波的频谱是非常复杂的。但是根据统计规律，50%灰度等级概率为最大，因此设计时以 50%灰电平为主要参考点，即载波频率是 4.5MHz。当调制频率是3.3MHz 时，它的下边带频谱是 1.2MHz，上边带频谱是 7.8MHz。但 7.8MHz 的记录频率已为 VHS 头带记录系统难以容纳，所以 VHS 机器采用残留边带调频制，仅记录下边带和一部分上边带。因此调制频率的高频对应着调频波频谱的低频段 1～2MHz 范围。调制频率的低频对应着调频波频谱的高频端 4～5MHz。

VHS 规格记录频谱的低端(0.1～1.2MHz)要安排降频色度信号记录，和亮度信号的调频频谱低端是很接近的。因此记录重放过程处理限制亮度通道调频信号频谱的下限。防止色、亮串扰是录像机一项很重要的工作。本节叙述中列举了 427E 记录重放处理的各种滤波器特性，就是为了减少色亮串扰，也是提高信噪比的有效手段。

(2) 采取措施提高视频高频分量

VHS 规格规定，亮度信号从消隐肩到白电平调频波频偏是 0.7MHz(4.1～4.8MHz)。为了分析亮度调制信号的频谱特性，我们将亮度信号以傅氏级数展开成正弦分量作调制波来分析高频调制特性，为了得到最大的正弦不失真调制度，以 50%的灰电平为调制中心点(4.45MHz)，那么亮度信号的最大频偏为 0.35MHz，调制频率不超过 3.5MHz，其高频调制指数 m_f 是很小的。在没有预加重的时候，m_f 为 0.1 左右，预加重之后调制指数也仅 0.4，而低频调制波的 m_f 是可以的，在 0.5MHz 以下频段(电视信号的轮廓线)，其调制指数 m_f 可以大于 0.7。根据第一章所述调频波理论，视频高频分量在记录重放系统的调频通道中不仅边带仅允许第一下边带存在，而且频谱能量也相当微弱，而低频分量不仅可以有几个调频边带，而且旁频频谱能量也逐渐增加，因此 427E 采用多方面措施提高高频分量，以增加图像的清晰度。

(3) 调频通道的幅频和相频特性要求是线性关系

录像机的信号处理通道分成射频通道、调频通道和视频通道。射频部分高频调谐器、中放、解调器、RF 变换器已经做成独立的部件，本节的电路原理叙述不作详细分析。调频通道和视频通道是本节分析的重点。根据调频理论分析，要求录像机记录、重放通道系统、调频通道幅频特性和相频特性呈线性关系，以减少视频信号的失真，因此本节在叙述通道特性时，详细给出各种滤波器的幅频特性，目的是叙述 427E 是如何具体实现调频通道幅频特性呈线性关系，视频

通道如何保证有效带宽，衰减带外噪声，提高信噪比的。对于相频特性，由于对微分相位DP没有很高的要求，本节仅叙述色、亮时间均衡延时，没有讨论相频特性。

11.2.2 高频电视信号和视频信号转换电路

427E配置了高频调谐器、中放、解调器等电视接收电路，能接收全频道（1～57频道）的电视节目，将它转换成视频、音频信号供录像机收看记录。配置了射频变换器，将录像机的视频、音频信号转换成U频段的RF射频信号输给普通电视机接收。427E将高频调谐器、中放解调器及射频变换器做成独立的全屏蔽式金属小盒部件。它们和V·S自动扫描预选器均受定时控制系统微机的控制，完成视频和射频信号的互相转换。图11—8是电视接收、射频变换电路原理方框图。

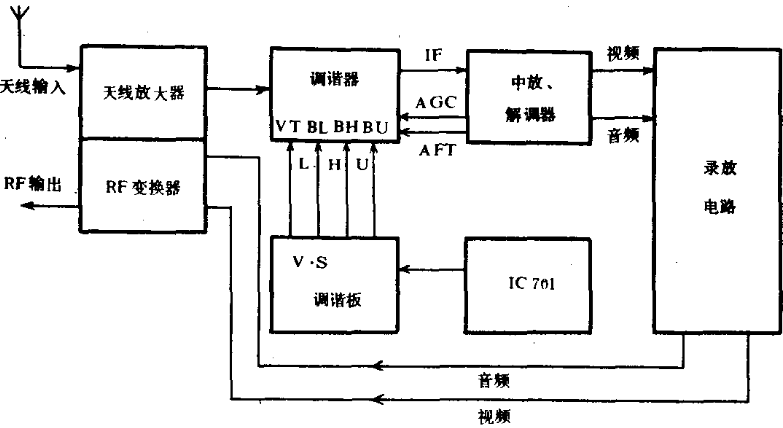


图11—8 电视接收、射频变换电路原理方框图

1. 电子高频调谐器

高频调谐器一般包括输入选择回路、高频放大器，本机振荡器和混频器。

427E采用电子调谐器，它具有独立式AFT（自动频率微调）电路，采用反向AGC（自动增益控制）方式，使用无引线片状电阻和电容，体积小（68mm×54.5mm×18.5mm）、重量轻。全频道分三个频段覆盖，即VHF低频段（1～5频道）、VHF高频段（6～12频道）和UHF频段（13～57频道）。频段切换为二极管电子开关方式，由BL、BH、BU信号控制。频道转换采用电调谐。调谐电压VT加在各回路的变容二极管负极。图11—9是高频调谐器方框图。表11—2是其各引出端子的工作电压，表11—3是调谐器调谐电压特性。

表11—2　427E高频调谐器各端子工作电压

端子符号	功　能	工作电压(V)			备　注
		VHF低段 V_L	VHF高段 V_H	UHF段	
B_L	电源 V_L	12	开路	开路	
B_H	电源 V_H	开路	12	开路	
B_U	电源U	开路	开路	12	
B_M	混频电源	12	12	12	
VT	调谐电压	1～28	4～28	1～28	
AFT	自动频率调整	6.5	6.5	6.5	范围2～10V
AGC	自动增益控制	7.0	7.0	7.0	

表11—3　427E高频调谐器调谐电压特性

频　道	1	5	6	12	13	57
标准电压(V)	2.7	15.5	8.4	18	1.5	26.5

(1) VHF部分

从天线输入的高频信号，由U/V分离电路（滤波器）对输入信号进行分离，输到各自的频

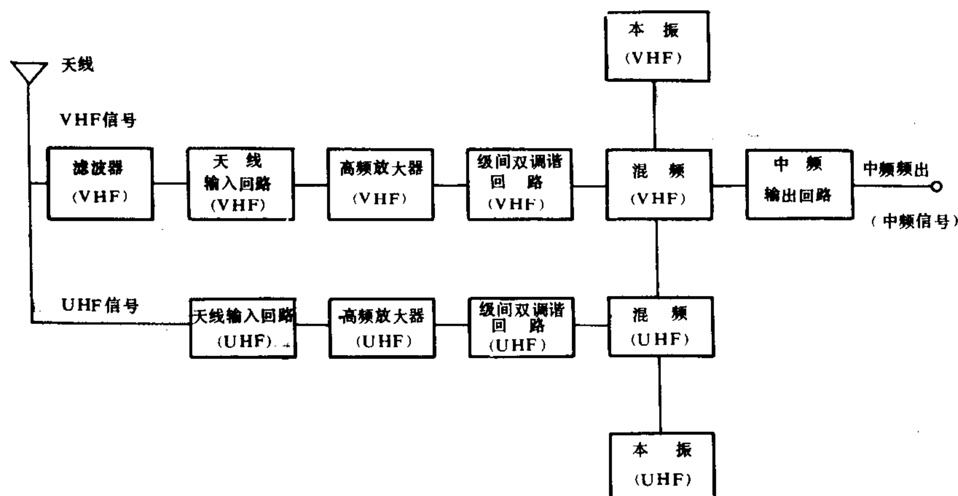


图 11—9　427E 调谐器方框图

段，VHF 部分由 Ls1、Ls2、C1 组成 T 型和 C2、Ls3 组成厂型复合低通滤波器滤波，低通的频率范围包含了整个 223MHz 以下的 VHF 波段。图 11—10 是低通滤波器的形式和频率特性。

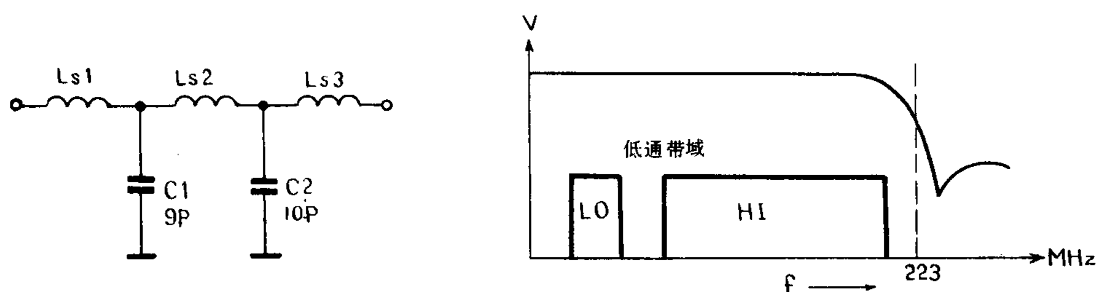


图 11—10　VHF 低通滤波器

Lf2、Lf3、Lf4、Lf5、C3、C4、C5、C6、C7 组成复合型导出式高通滤波器，衰减电视中频 38MHz 带域频率特性，提高中频抑制比。图 11—11 是其电路形式及频率特性。

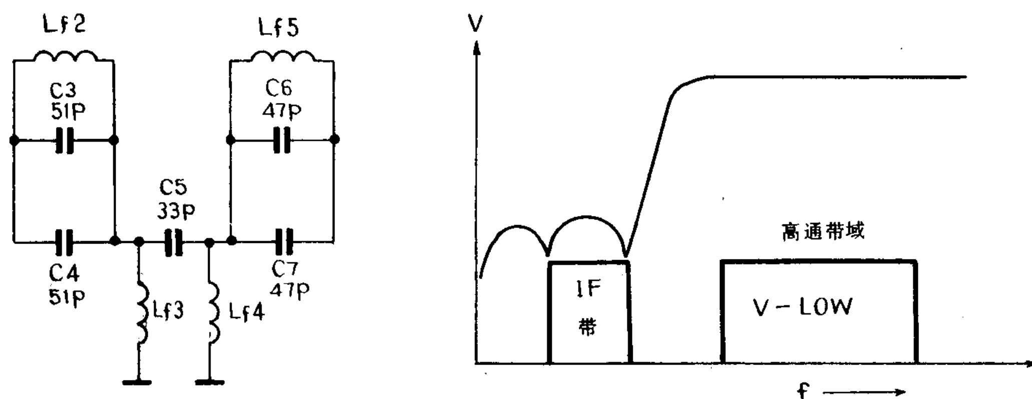


图 11—11　高通滤波器

图 11—12(a)为 VHF 输入调谐回路，在高频段接收时，BH＝12V，BL 开路，二极管 D14 导通，D22 截止。设天线端输入阻抗为 R_a，回路后面高频放大级晶体管 TR4 的输入电阻、电容为 Ri、Ci。略去直流通路的电阻和电容，将输入回路简化成图 11—12(b)交流等效电路。

在低频段接收时，BH 开路，BL＝12V，D22 导通，D14 开路，交流等效电路如图 11—12(c)。根据网络变换理论，上述二个电路都可进一步化简，变成图 11—12(d)的形式。当然等效电路中 L 和 C 的数值不同，它们的公共特点是天线输入是通过线圈抽头接入谐振回路，而高放场效

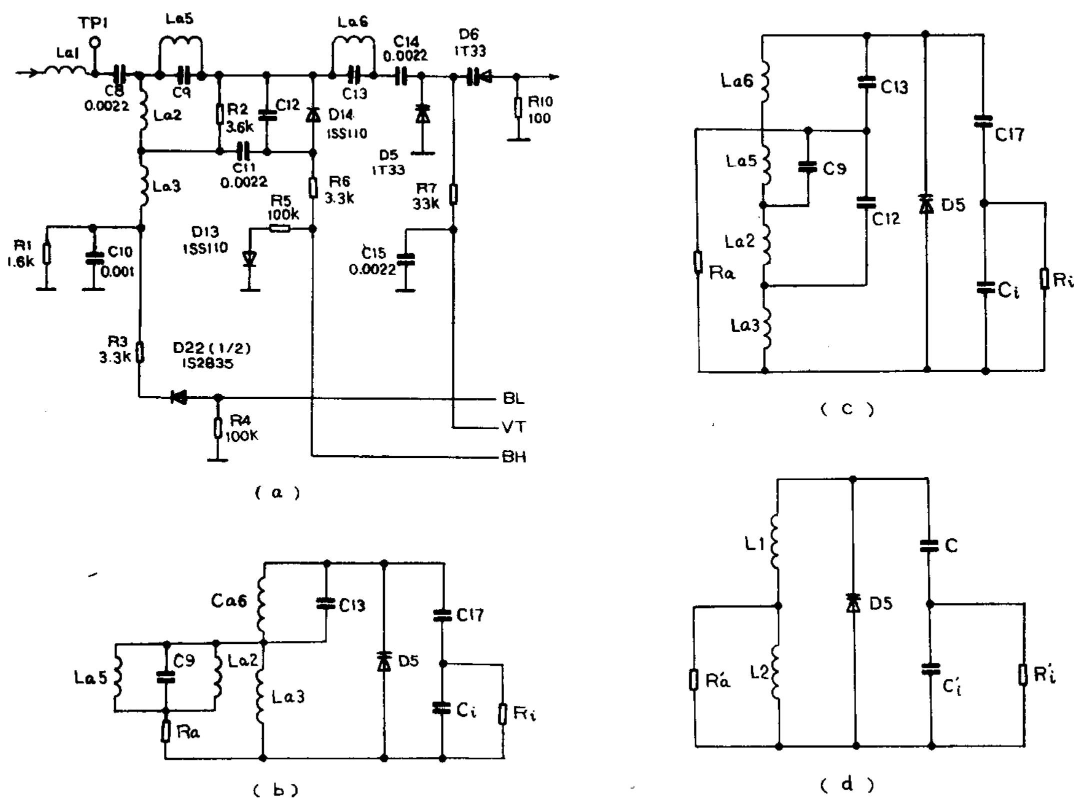


图 11—12　输入电路及其简化交流等效电路

应管的输入电路也是通过回路电容抽头接入，不致使谐振回路负载太重。

TR4 是高放级，见图 11—13(a)，采用双调谐并联回路，初、次级回路采用线圈互感耦合，D7、D8 为调谐变容二极管，D15、D16、D22 为波段转换开关二极管，在 BH 为高电平时，高电压加于 D15、D16 正极，二极管导通，将 Ld2、Lg2 短接，双调谐回路由 D7、C21、Ld1 及 D8、C25、Lg1 组成，其交流等效电路见图 11—13(b)，D7、D8 分别并在调谐回路的初、次级电感上。由输入 VT 电压控制 D7、D8 的电容变化，起到调谐选频作用。当 BL 为高电平时，此高电平通过 D22 加于 D15、D16 负极，使它们处于截止状态，并联回路 C22、Ld2、Lg2、C26 起作用。此时的等效电路

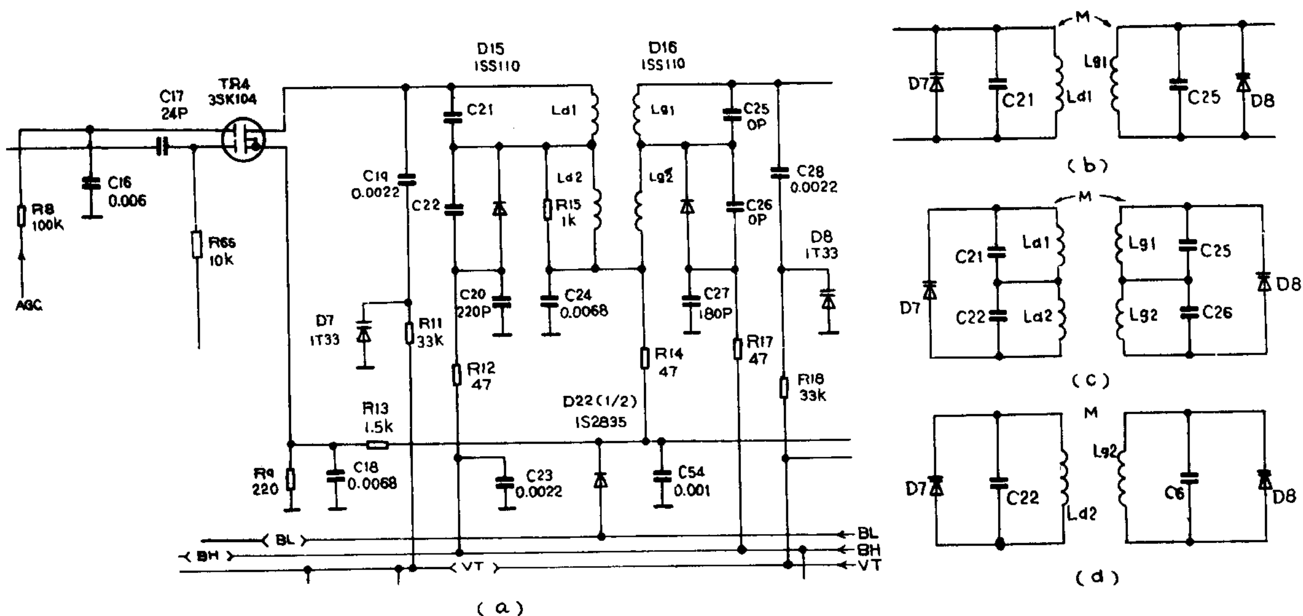


图 11—13　高频放大级电路

如图 11—13(c)。因高放处于 VHF 低频段，此时 Ld1、Lg1 感抗很小相当于通路，C21、C25 容抗很大相当于开路，电路可进一步简化成图 11—13(d)。双调谐回路的初、次级二个谐振频率适当错开，使高放通频带内有较平坦的频率特性，见图 11—14。图像载频和伴音载频都在通频带内。高放管 TR4 采用双栅场效应管，将信号输入和 AGC 控制电压分开，使高放级在 30～40dB 的 AGC 控制范围中线性好，交扰调制小。

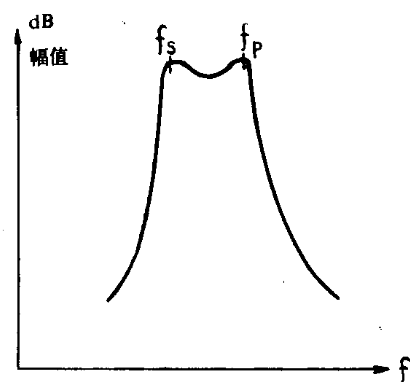


图 11—14　高放级频率特性

TR5 双栅场效应管在 VHF 频段作混频级，高频信号和本振信号都通过 L_{m3} 注入一个栅极，C34、C36，及中频调谐线圈 L_{IFT} 组成混频输出中频选择回路，L_{IFT} 是输出回路谐振频率调整线圈，见图 11—15、图 11—16。C27、L_{m4}、C38 组成低通滤波器，滤去高频信号和本振频率高频分量。TR5 不仅是 VHF 波段混频级，也是 UHF 波段的中频放大级。VHF 波段时信号由 TR4 双调谐输出回路通过 C29 输入，本振电压由 TR6 振荡器通过 C52 注入。UHF 波段时信号由 TR1 输出双调谐回路通过 L_{u9} 耦合，通过 D23 注入 TR5 的栅极进行中频放大、选频，以弥补 U 频段二极管混频的负增益。

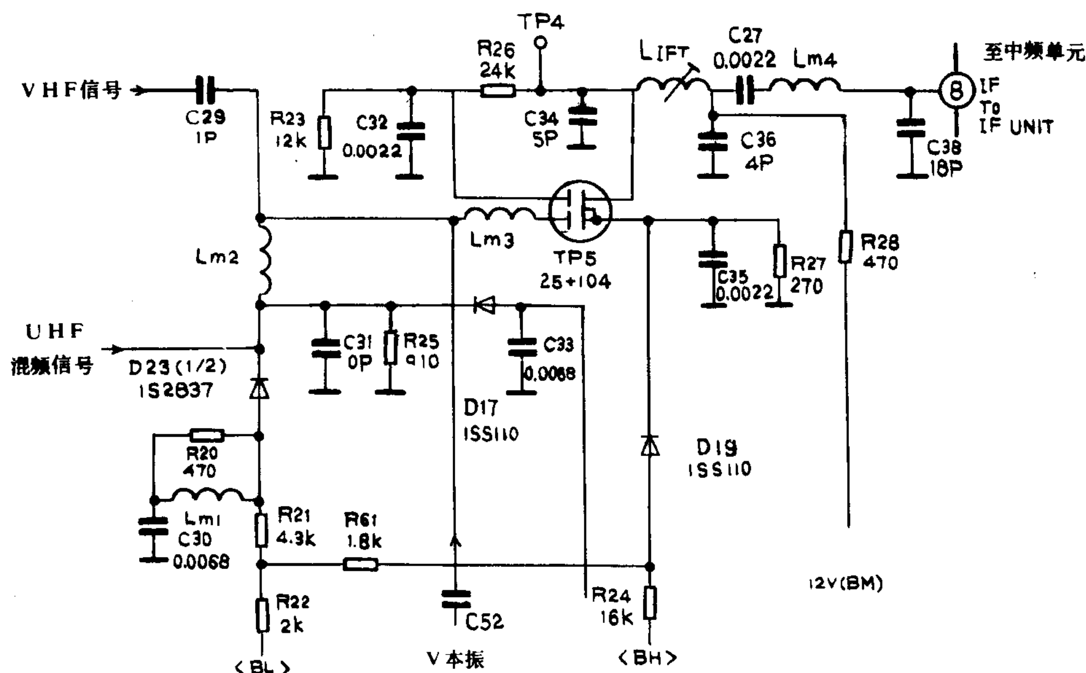


图 11—15　VHF 混频器实际电路

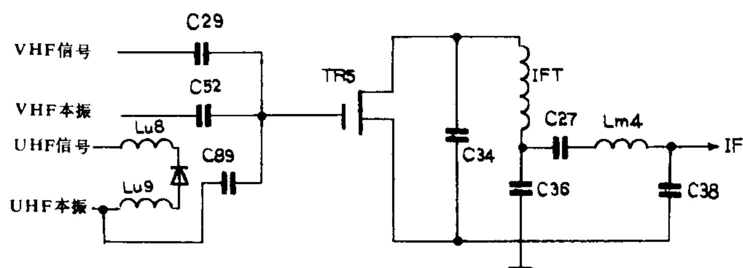


图 11—16　VHF 混频器等效电路

（2）UHF 部分

UHF 频段，由于工作频率很高，谐振回路不能再运用集总参数元件，必须采用 Q 值较高的分布参数式谐振回路。根据传输线理论，终端短路、长度小于信号波长四分之一的传输线呈感

抗，可等效为电感线圈。在其一端接上电容时，则构成谐振回路。图 11—17、11—18、11—19 分别是 UHF 波段天线输入选择回路、高频放大器、本机振荡电路的电原理图和简化交流等效电路。图中 L_{U1}、L_{U2}、L_{U4}、L_{U6}、L_{U8} 都是一端接地的短路金属片，其中 L_{U2}、L_{U4}、L_{U6} 分别由二根平行短路线构成，作为调整谐振回路频率(覆盖)和 Q 值用。TC3、TC4 实质上是联在 L_{U4}、L_{U6} 上的小金属片，与接地腔体平行放置。通过改变和腔体的间距可以改变电容量。读者对照 VHF 波段电原理图不难发现两者在电原理上是完全相同的。

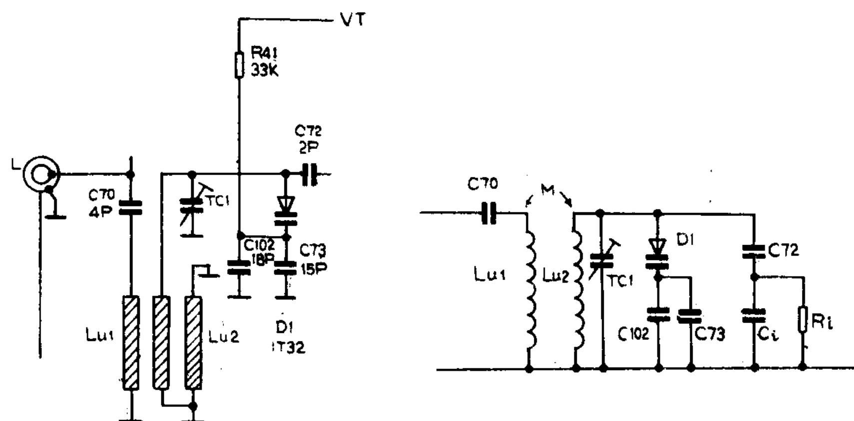


图 11—17 UHF 天线输入选择回路

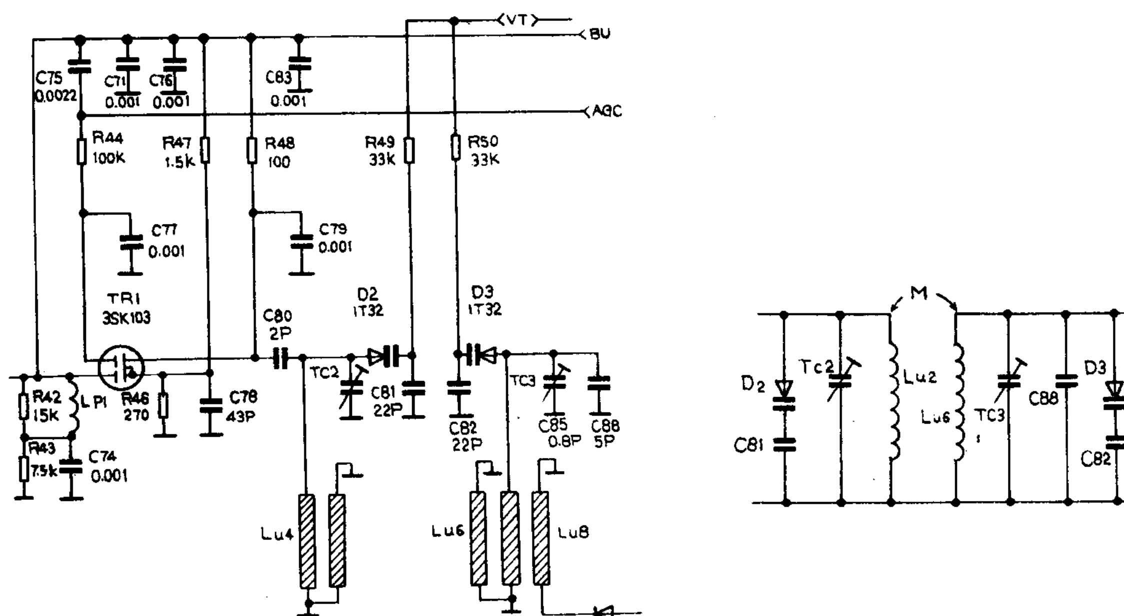


图 11—18 UHF 高频放大器电路

2. 频道预置控制电路

电子调谐器接收时所需的波段电压(BL、BH、BU)和调谐电压(VT)由频道预置控制电路产生(以下简称预置器或预选器)。自动调谐扫描过程以及频道的显示都由预置器完成。预置电路由 V·S 装置板上的 IC801(LA 7935)、IC802(BA6993)、操作板上的 IC701(M50954)、IC702(M58630)、显示屏以及外围分立元器件所组成，图 11—20 是它的简化原理方框图。

(1) 427E 自动调谐电路原理

在自动调谐时，IC701 的②、③两脚将设置的频段信息输给 V·S 板上的 IC801 的⑤、⑥两脚，由 IC801 内部的译码器变成高频头所需的频段电压 BL、BH、BU。通过 IC801 的⑲、㉑、㉒脚输送给高频头(当然 IC801 输出的电压还具备一定的功率负载能力)。同时 IC701 的⑥脚不断输出宽度变化的脉宽调制信号，由 Q804 放大成峰峰 $30V_{P-P}$ 脉宽调制波(PWM)；经多节低通滤

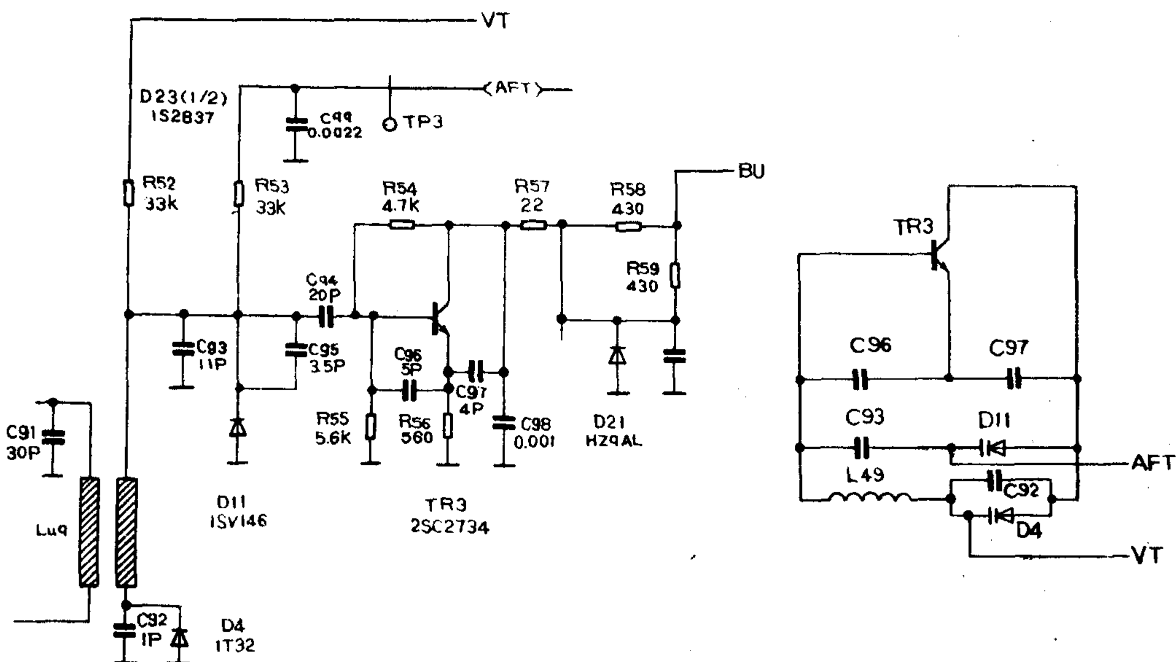


图 11—19 UHF 本机振荡电路

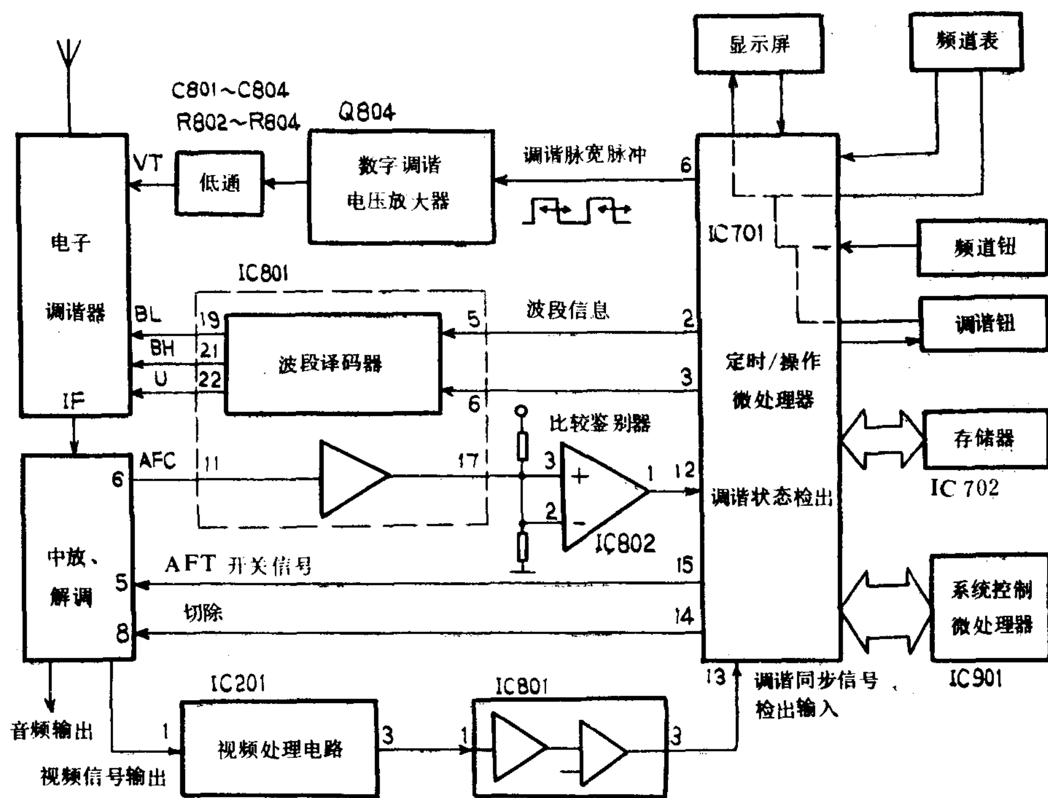


图 11—20 频道预置器简化原理方框图

波器(C801～C804,R802～R804 组成)把 PWM 波变换成调谐器所需的 0～30V 直流调谐电压送到调谐器的 VT 端。调谐电压是步进改变的,每跳步可以改变调谐器调谐频率 100kHz。电子调谐器开始由最低频道(1～5→6～12→13～57)至最高频率扫描寻找当地正在播放的电视台信号。ZD801 是复合型高精度稳压器,它使 PWM 波的幅度稳定,直流调谐电压正确。一旦扫描调谐搜索到一个电视节目信号时,调谐器就有中频(IF)信号输出给中放解调器,该部件把 IF

信号检波(解调)输出的视频信号输给视频电路 IC201,由 IC201 分离出复合同步信号,此信号经 IC801 放大反馈到 IC701 的⑬脚调谐同步信号检出输入端。微机 IC701 就感知扫描电压已经进入电视节目调谐范围。同步检测信号流程为:中放、解调器视频输出端(⑩脚)→PG802⑦脚→IC1501⑦脚→IC1501④脚→Q1571→IC201①脚→IC201③脚→PG802②脚→IC801①脚、②脚、③脚、④脚→PG801⑧脚→IC701⑬脚。此时 IC701 就改变⑥脚输出的 PWM 宽度变化速率,从每跳步 100kHz 改为每步 50kHz,进入频率细调阶段,以逐渐逼近调谐点。与此同时中放、解调器把 IF 中频信号送内部 AFT 自动频率微调电路的 38MHz 鉴频器,输出"S"形直流控制信号。这时,AFT 的输出不送高频调谐器的 AFT 自动频率微调电路,而是输入到调谐比较器。当调谐处于最佳状态时,IF 信号载波是 38MHz,鉴频器输出的直流信号处于"S"形曲线的中间线性部分。该信号通过 IC801 内部的运算放大器线性放大输给 IC802(BA6993)调谐比较鉴别器。它的②脚(负输入)输入标准电压(即最佳调谐鉴别电压),③脚输入比较电压,比较鉴别器将二者比较,如果细调扫描达到最佳扫描点,IC802①脚的输出就由低电平变为高电平,该输出接入 IC701⑫脚调谐状态检测输入口。IC701 微机就感知调谐扫描过程已经找到最佳点,其⑥脚输出的扫描脉宽调制器就停止宽度的变化,IC701 就通过⑧、⑨、⑩、⑪脚四根通信线将当时的频道数、波段、调谐电压编码数据传到 IC702(电可抹只读存储器)写入相应的空间存储起来。这样一个预置通道的自动扫描调谐过程就结束了。在调谐过程中 IC701 还根据内部的显示程序将调谐扫描过程在多功能显示屏上显示出来。

(2) 接收过程数据信息的调用

在接收电视节目时,IC701 根据操作板上输入的键盘命令和预置通道数,通过⑧、⑨、⑩、⑪四根数据线从 IC702 读出频段数、调谐电压数据经过 IC801 译码处理分别送给调谐器相应的端子 BL、BH、BU 及 VT。IC702 只读存储器的信息,一旦写入即使断去电源也不会丢失,所以 427E 机自动扫描调谐过程只要进行一次就可永久使用,当然在需要改变预置通道所预置的电视频道时还可以重新预置写入。

V·S 调谐装置板除了作预置频道外,还有电源联锁功能。电源电路供给的 A12V 电源,经 IC801 和 Q803 稳压成 A5.6V、A5V 供微机 IC901、IC701 电源,如果 V·S 板电源有故障,微机控制系统就不工作,机器也就完全不动作了。

3. 中放、解调器

电子调谐器的中频输出端子接到中放、解调器的输入端,电视中频信号在这里作中频放大及视频检波和双伴音解调处理,输出视频及音频信号,并向调谐器提供自动增益控制电压和自动频率微调(AFT)电压。在自动调谐扫描期间,它还向 IC801 输出 AFC 自动频率控制信号,即上节中提到的中频鉴频器输出"S"形直流检出电平,使微处理机感知细调过程的状态。图 11—21 是中放、解调器电路方框图。

(1) 中放、解调电路

427E 中放、解调电路包括图像中频放大、视频检波、预视放、AFT 鉴频器、AGC 检波、音频第二中频放大和检波以及音频、视频输出放大电路,从图中可以看出中放、解调器的大部分电路都在 LA7522 集成电路内。427E 中放采用声表面波滤波器,图像中频的幅频特性主要都由它完成。为弥补声表面波滤波器的插入损耗,采取前置中频放大器(由 Q01 完成)方式以获得较好的信噪比和阻抗匹配。

解调器的输入端,由 L01、C01、C02、R01 组成低通滤波器,只让 38MHz 中频电视信号通过,进一步滤除混频级的本振信号和其他高频信号。输入的中频信号由 Q01 宽带放大器进行

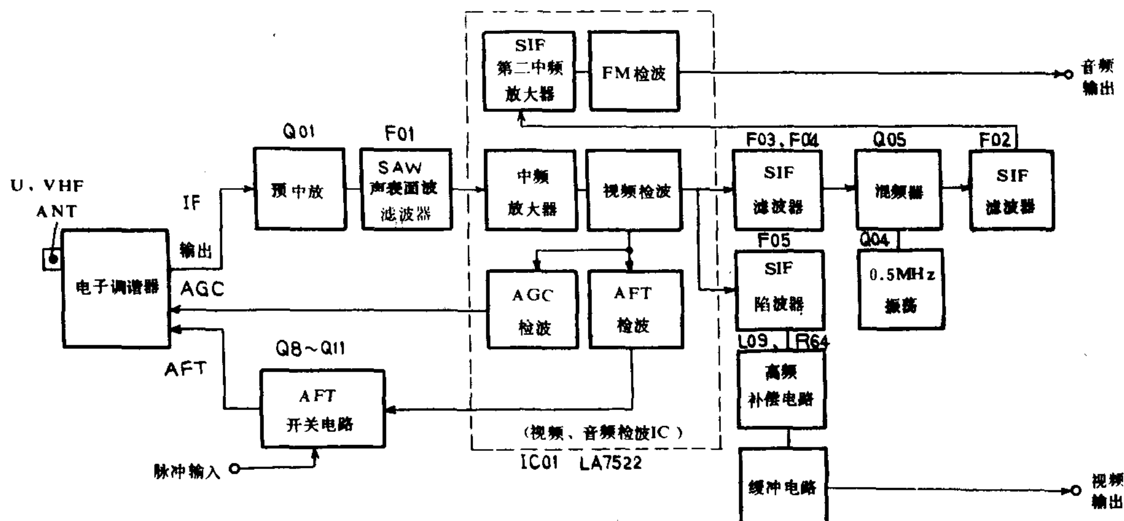


图 11—21 中放解调器原理方框图

预放大，Q01 的集电极接有 L02、C03 并联谐振电路，R05 并联在 L02 二端，限制回路的 Q 值，使回路具有足够宽的通频带，发射极接有负反馈元件，以提高放大器的稳定性。Q01 放大器的集电极输出经 C04 耦合到声表面波滤波器 F01 滤去邻近频道和其他带外噪声。录像机接收部分的选择性和通带宽度主要由声表面波滤波器决定。

经 F01 滤波后的中频信号进入 IC01(LA7522)的⑨脚，⑩脚，LA7522 是包括图像和声音中频信号处理的双列直插式 30 引脚封装集成电路。由⑨、⑩脚对称输入的信号经三级具有自动增益控制(IF AGC)的中频放大器放大，获得足够的增益和具有相当幅度的稳定信号，在集成电路内部送到视频检波电路。检波器通过⑲、⑳脚外接图像中频谐振回路：T02、C23。调整 T02 的磁芯，使回路谐振于 38MHz。LA7522 采用同步检波电路，将中频电视信号还原成视频信号和 6.5MHz 的第二伴音中频信号。在中频检波的过程中还进行 AFT 环路的自动频率检测。集成块外部 T03、C24 是鉴频谐振回路，通过调节 T03 线圈磁芯，将鉴频器零点调整于 38MHz。此时鉴频 AFT 的直流输出电平位于 S 形曲线中心。AFT 的输出在调谐扫描过程中输给调谐比较电路，作为调谐检波信号，在接收过程中，输给调谐器作为自动频率微调信号。检波以后的主信号输入预视放电路，将信号放大到应有的幅度后，一路进入 AGC 检测电路，反馈回来控制中放的增益。同时送至 RF·AGC 电路。调节集成电路外部 VR02，可改变高放 AGC 起控电平，即送至电子调谐器 AGC 输入端子。主通道由 IC01 的㉒脚输出分别输出视放和伴音电路。

在视频电路中，㉒脚输出的视频和第二伴音中频的混合信号，通过由 L06、F05 组成的陷波器，滤除中频伴音信号，视频信号进入由 Q12、Q13 组成的直接耦合式共基共集放大器放大。Q12 还兼有钳位作用，当正极性的同步脉冲输入 Q12 发射极时，Q12 发射极电位下降，使 Q12 饱和导通，12V 电源通过 R55、Q12、R61、D06、R60 对电容 C40 充电，R57、R61、R59、R60 是 C40 的放电通路，由于放电时间常数大于行周期 64μs，所以 Q12 发射极被钳位于它导通电平上。经钳位放大后的视频信号恢复了直流电平，由 Q12 输入 Q13。L09、R64、C42 组成高频提升网络，对视频图像信号进行补偿。Q14 是阻抗变换器，它形成输出 $1V_{P\text{-}P}$的视频图像信号供视频处理电路。

(2) 双伴音制式变换电路

427E 具有接收 PALD/K 制和 PAL-I 制两种伴音制式的功能，其伴音电路采用两路带通滤波器(D/K 制：6.5MHz、I 制：6MHz 第二伴音中频)分别滤波，用频率变换方式将 6.5MHz 伴音中频变换成 6.0MHz 的方式实现 PALD/K 和 I 制无开关自动处理。

由IC01㉒输出含有第二伴音中频的信号经线圈L05输入双伴音制式变换电路。F03是6.0MHz伴音带通滤波器，F04是6.5MHz伴音带通滤波器，两者并联，R24、C26、L07和R37、C34、L08分别是它们的输入匹配网络。Q04是500kHz振荡器。T04是它的振荡线圈，振荡电路采用集电极接地的克拉勒电路。振荡信号由Q04基极引出经Q05阻抗变换由C37耦合到混频级Q07的发射结，D04是恒处正向导通的集电极负载元件。用非线性元件作负载起到补偿Q05的集电极输出非线性作用。经F4带通滤波器的伴音信号经Q06阻抗变换器匹配，由C35耦合也输到Q07混频管的基极。在这里与500kHz振荡信号混频以后产生差频为6MHz伴音分量，经Q03放大以后，由F02带通滤波器取出，滤去和频、本振信号，完成把6.5MHz伴音转换成6MHz伴音信号。当是I制6.0MHz伴音时，信号通道变成由F03、Q02、Q03到F02，6MHz伴音不需变频直接由F02取出到达IC01的㉗脚。在集成电路内部经限幅放大、FM鉴频，解出音频分量从IC01的②脚输出。T01是FM鉴频器的鉴频线圈，生产调试时把它调在中心频率6.0MHz处。读者当然会想到，如果将F02、T01的中心频率改为6.5MHz，F03、F04滤波器位置对调，对于国内大部分地区来说，将更为合理。用调整VR01的方法可以在中放、解调器的伴音输出端获得—8dB的音频输出。图11——22为双伴音广播制式电路方框图。

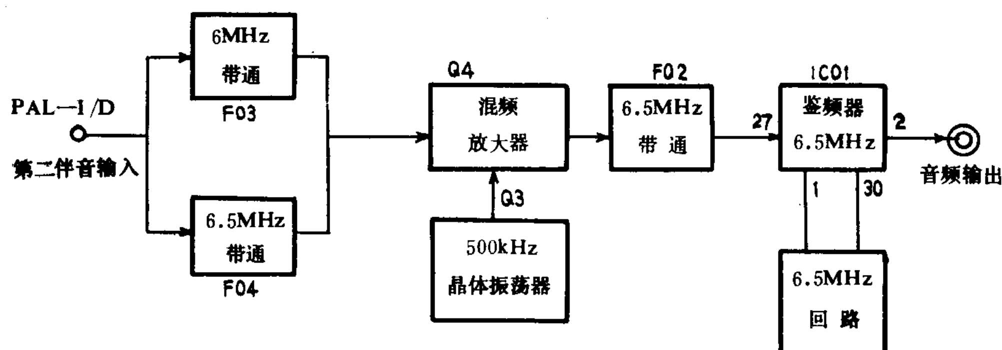


图11—22 双伴音广播制式电路方框图

(3) 其他辅助电路

38MHz AFT鉴频器输出的直流电压在接收状态和自动调谐扫描时的作用是不同的，因此输出路径也不同，它受微处理器IC701的⑮脚AFC开关信号控制，从中放解调器⑤脚输入，接收状态，IC701的⑮脚AFC为低电平（约0.1V），晶体管Q09处于截止状态，12V电源通过R49（1MΩ）加到场效应管Q08（2SK20B）栅极，使Q08的源、漏极导通，38MHz鉴频直流输出由中放、解调器的④脚AFT接到电子调谐器的AFT端子，构成AFT自动频率控制微调反馈回路，弥补由于市电温度、湿度和其它原因引起的调谐器本振频率的偏差。在自动调谐扫描状态时，IC701的⑮脚AFC输出高电平至中放解调器⑤端（约0.8V），Q09导通，使Q08截止，因此自动频率微调反馈电路开环，使电子扫描调谐过程得以进行。鉴频器输出由中频部件⑥脚AFC输给V·S调谐装置板的调谐状态比较电路IC802的③脚，检出调谐扫描状态，反馈给IC701，使调谐扫描构成自动控制反馈环路。在非调谐扫描的其它状态，IC701内部程序使该端子输出不起作用。

本机还设有频道转换、声音静噪电路，由微机IC701的⑭脚输出信号至解调器⑧脚DEFEAT控制端子，在频道转换时，⑧端DEFEAT为高电平，使Q11导通，将中放解调器的声音输出截止，该控制信号还通过Q10将Q08截止，使频道改变时AFT反馈环路开路。

4. RF射频变换器

家用录像机由于要接收和输出RF高频电视信号，所以它包含了高频电视信号和视、音频

信号之间的转换电路。本节前面讲的是从高频电视信号解调成视、音频信号的电路，这里要分析的 RF 射频变换是它的逆过程，用来把录像机重放时的视、音频信号转换成射频电视信号。

427E 的射频变换器包括了天线放大器、测试信号发生器、射频变换电路，使录像机和普通电视机可以方便连接使用。

（1） 天线放大器

电视机和录像机调谐器可以公用一根天线同时接收二个不同的电视节目，实现用录像机记录一个节目，用电视机收看另一个节目的功能。天线放大器完成天线输入信号的放大、信号分配、混合的功能。427E 天线放大器还有信号衰减开关 SW101，用 SW101 可以将强信号衰减 10dB 防止强信号阻塞。

天线放大器主要由两级放大器、二只分配器、信号混合器和衰减器组成。图 11—23 是其简化方框图。它安装在单独的屏蔽盒内，和射频变换电路屏蔽盒相邻。

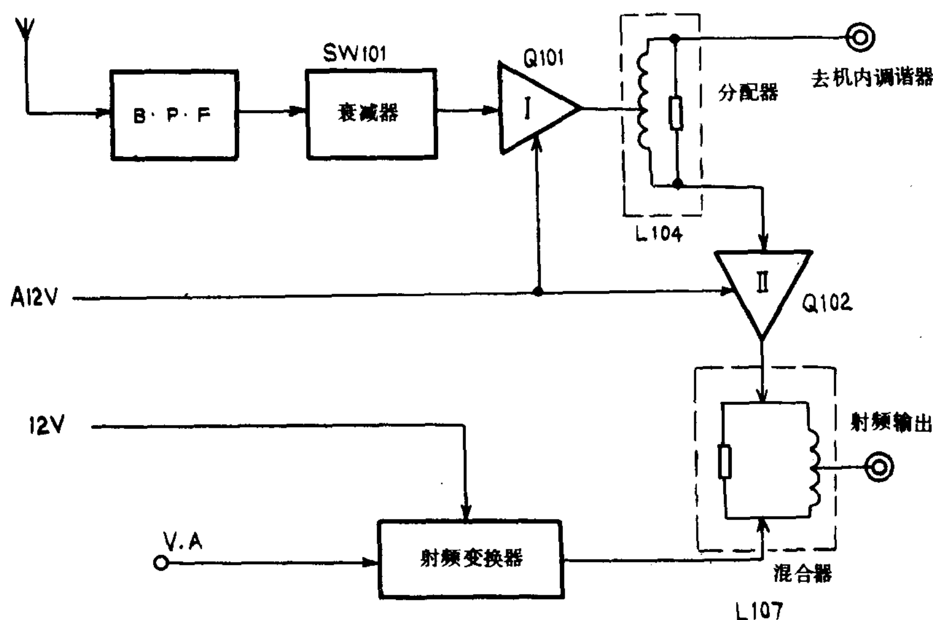


图 11—23　天线放大器方框图

天线接收的微弱电视信号，由天线插座输入，经 L101、L102、C101、C119 组成射频全频道带通滤波器，进入由 R101、R116、C121、SW101 组成的衰减器，经耦合电容 C102 送入 Q101 放大管的基极。D101 是它的反向击穿保护二极管。该放大级实际上是一个具有二分配功能的宽频带放大器，接成共射电路，集电极输出通过 C105 加到二分配线圈 L104 的中心抽头，L104 采用双线在双孔磁环上各穿绕二圈，甲线的首和乙线末端相接作为中心抽头，保证线圈中心抽头二端具有相同的阻抗特性。经 Q101 放大了的射频信号一路送至 VTR 高频调谐器输入端，供录像机接收电视节目用。另一路经 C107 耦合送到 Q102 基级进行放大，由 Q102 集电极输出经 C113 耦合加于混合线圈 L107 一端。混合线圈另一端加有来自本机射频变换器的射频信号。L107 两端所加信号均可从 L107 中心抽头同时输出，经 C117 由射频输出(RF、OUT)插座输给电视机。

混合线圈 L107 与二分配器 L104 的外形和绕制方法完全相同，不过其功用却正好相反，前者作混合器用，后者作分配器用。

（2） 射频变换器电路

427E 的射频变换器电路主要由集成电路 LA7053 担任，音频调制、视频调制及测试信号发

生器都集成在该电路里。外围电路包括：平衡调制器 T3、本机振荡器 Q1 以及音频预加重电路。图 11—24 为射频变换器原理方框图。

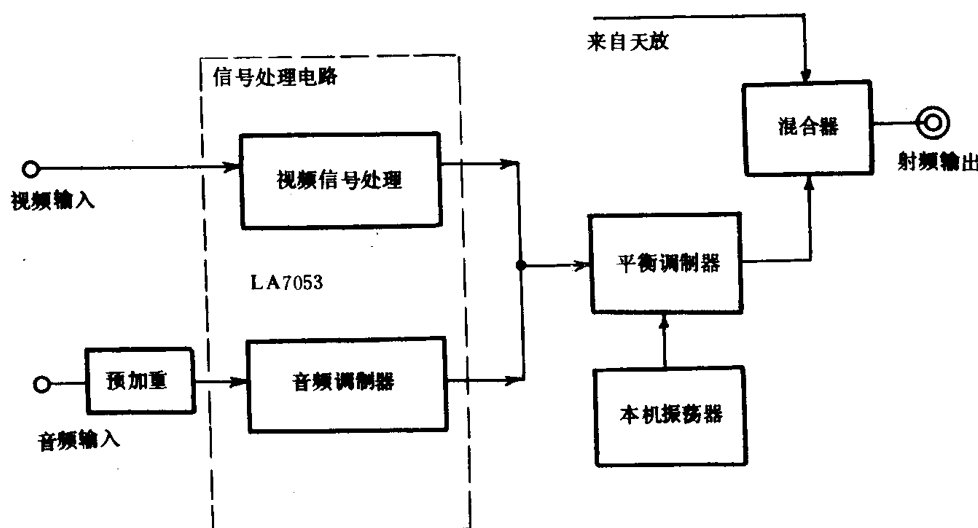


图 11—24 射频变换器方框图

由主印制板 YCT 单元⑤脚输出的视频信号送至射频盒视频输入端，经穿芯电容器 C9，均衡网络 R9、R10、C10 输入集成电路②脚，在IC1内经放大，钳位处理后由1输出至平衡调制器。

由主印制板音频输出插孔的音频信号送至射频盒音频输入端，通过穿心电容器 C8 进入由 C7、R5、R7 组成的预加重网络，经耦合电容 C6 送入 IC1 的④脚，在集成电路内进行频率调制。FM 载波振荡电路做在集成电路内，本振谐振回路由 IC 外部的 T1(或 T2)、C21 担任。T2 和 C21 谐振于 6.5MHz；T1 和 C21 谐振于 6.0MHz。T1 和 T2 的选用由制式转换开关 SW1 控制。调整 T2 的磁芯可以将 FM 调频的中心频率调整在 6.5MHz 位置。集成电路③脚的输出是中心频率为 6.5MHz 的调频伴音信号，经 C3、L1 和视频信号混合送至平衡调制器。

Q1 是射频变换器的本机振荡器，427E 射频输出可工作在 PAL(D/K)23～26 频道，频率范围在 540 至 620MHz 范围，通过调节 CT1 连续可调，一般调至 25 频道。由于工作频率很高，采用分布参数克拉勃振荡电路，整个振荡电路在射频变换器金属盒内套用一个金属屏蔽盒，电感 L5、L4 采用终端短路长度小于λ/4 的传输线。Q1 振荡电路的原理简化电路如图 11—25。本振电压由 L4 和 L5 之间的耦合送入平衡调制器。

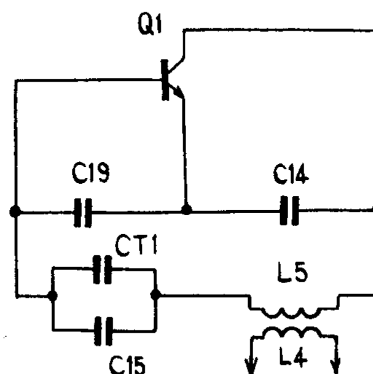


图 11—25 本振原理简化图

平衡调制器由二极管 D3、D2 及传输变压器 T3 所组成，左边输入的伴音 FM 信号和视频信号在频谱安排上已经错开 6.5MHz 频率间隔，本振信号通过传输变压器 T3 注入二极管，二只二极管进行混频，把视频、音频 PM 混合信号变成调频调幅信号，由传输变压器抵消一部分载波信号(本振信号)通过 C11 输给 L107 混合器经 RF 射频输出插座输出。录像机的射频输出信号必须限制在一定电平范围内，输出大会对其他家电形成有害辐射，电平太低则信号效果不好，VR1 是调整 D2、D3 二极管混频工作点，起到改变混频增益的作用，产品出厂前调整 RF 输出在 76dBμ 左右。

5. 高频调谐器、中频解调部件及 RF 射频变换器的主要技术参数

表 11—4、11—5 列出了 427E 高频调谐器、中频解调部件及 RF 射频变换器的主要技术参

数。

表 11—4　　高频调谐器、中频解调部件主要技术参数

序号	参数名称		规　　范
1	接收频道	VHF	1～12　图像中频 38MHz
		UHF	13～57　伴音中频 31.5MHz
2	输入阻抗		75Ω　不平衡式
3	输入驻波比		1.5
4	噪声系数	VHF	7.0dB
		UHF	8.5dB
5	中频抑制比		V_L　75dB　V_H　85dB　U　90dB
6	镜像抑制比		V_L　80dB　V_H70dB　U　60dB
7	最大输入信号电平		100mV
8	AGC　电压		7.0V
9	AFT		1～57 频道　6.5V
10	图像输出电平		1.0V_{P-P}　终端 1kΩ
11	图像信噪比 S/N		VHF　50dB　UHF　48dB
12	图像幅频特性		0.1～1MHz　－2.5～＋1.5dB
			2MHz　－3.0～＋2dB
			3MHz　－3.5～＋2dB
			4.43MHz　－5.5～＋1.5dB
13	微分相位 DP		60
14	微分增益 DG		6%
15	音频输出电平		0.14V_{rms}
16	音频输出阻抗		10kΩ
17	音频信噪比 S/N		47dB
18	音频幅频特性		100Hz　－1～＋1dB 1kHz　－2～0dB 10kHz　－14～－8dB

表 11—5　　427E　RF 射频变换器主要技术参数

序号	参数名称		规　　范	
1	天线放大单元	频率范围	40～300MHz，	470～870MHz
2		增益	天线→TV	3±5dB
			天线→VTR	3±5dB
3		噪声系数	天线→TV	11dB
			天线→VTR	9dB
4		电压驻波比	天线输入	3.5
			TV 输出	3
			VTR	3
5	转发器单元	ATT　ON　衰减量	10dB	
6		输入阻抗	0.7～1.4kΩ	
7		调制度	75～85%	
8		同步顶电平变动	3%	
9		幅频特性	0.1～4.43MHz　－2～±1.5dB	
			6MHz　0～1.5dB	
10		微分增益 DG	10%	
11		微分相位 DP	10 度	
12		APL 变化时调制度变化	±3%	
13		信噪比	45dB	
14		TSG 调制度	60～90%	
15		图像载频输出电平	74±4dB_u	
16		图像伴音输出电平比	16±4dB	
17		输出频道	22～26 频道	

11.2.3 亮度信号电路

亮度信号处理电路包括记录处理和重放处理二个过程，主要在预放器 IC1(HA118017)、IC201(HT4847G)、IC202(HT4848B)、IC203(HT4664A)、IC204(HES8083)以及其它外围电路中进行。这些集成电路大多是记录、重放公用的，靠控制系统输出的 PB5V、REC5V 控制信号改变集成电路内外的晶体管电子开关来实现状态的转换。

下面分记录和重放二大部分来叙述信号处理过程。

1. 高度信号记录流程和各元器件的作用

参见图 11—26 视频记录信号处理方框图。

(1) 输入选择电路

由后面板线路输入视频插座输入的记录全电视信号，经插座 PG1581②脚输给 IC1501(LA7016)的②脚。由调谐器接收、中放、解调器解调的视频信号经插座 PG1501⑦脚输给 IC1501 的⑦脚。LA7016 是视频输入选择开关集成电路，通过控制端完成对两个输入信号的选择。该电路有 2 个输入端子(②脚和⑦脚)，一个控制端(③脚)和一个输出端(④脚)。它的特点是允许宽范围的动态输入信号幅度和低失真度输出。在输入幅度为 4.5V_{P-P}时输出失真度小于 0.1%。控制端开关阈值电平是 2.2～3.0V，电压增益系数接近 0dB。当③脚为高电平(4.8V)时选择②脚线路输入信号。由微处理机输出信号控制③脚的电平。

IC1501 的④脚输出经 C1514(10μF/16V)隔直电容耦合到晶体管 Q1571 基极。Q1571(2SC1740S)是集电极接地射极输出器，这里作为阻抗变换器。重放时，PB5V 控制信号加到 Q1571 发射极，通过提高发射极直流电位来堵塞 Q1571 发射结信号通路，以达到切断记录视频输入信号、避免干扰重放视频信号的目的。Q1571 的输出分二路，分别进入亮度和色度记录通道。视频信号在亮度通道中首先输入 IC201 的①脚 AGC 自动增益控制电路处理。

(2) AGC 自动增益控制电路

427E 录像机记录输入信号使用的 AGC 电路同普通电视中频放大器中的 AGC 电路类似，属于键控峰值型。AGC 电路是一个可变增益放大器，其增益受 AGC 检测器控制。检测器不断测量经 AGC 电路放大后信号的同步头幅度大小，变成直流电平控制放大器的增益，使经 AGC 放大后的视频信号恒为固定值。

IC201①脚输入的视频信号幅度不仅随信号强弱变化，而且还和图像内容(如亮画面或暗画面)有关，因此视频信号的峰峰值和平均值都不能反映信号的实际强弱，而同步信号的幅度是合成全电视信号时由电视标准规定的，它不随图像信号内容变化，真正反映了信号的强弱。AGC 控制过程的波形如图 11—27，其中(a)为视频输入信号波形，它经 AGC 放大以后(通过 IC204、IC202 处理后又经 IC201 的⑦脚回来)，再经色度消除和钳位后，恢复了直流电平，同步头幅度固定在同一电平上的亮度信号(b)送到 AGC 检测器。经同步分离的行同步脉冲信号(c)也送入 AGC 检测器。行同步信号经钳位、延时、放大、倒相后成为键控脉冲(d)，叠加在亮度信号(b)的行同步后肩处，形成波形(e)。这是一个以输入信号的同步脉冲幅度为基准，人工合成的白电平信号的峰峰值。它反映了输入信号强弱变化，作为控制图像信号增益大小的检测参考信号，用它进行峰值检波形成直流分量，反馈回来去控制 AGC 放大器增益的大小。当幅度高于设计值，反馈的直流分量减小 AGC 的放大量，直至 AGC 输出的亮度信号(b)符合设计值，反之亦然。AGC 放大后的输出经 IC201 内的录放开关 S6 由 IC201㉗脚输出(100%彩条信号输入时幅度为 0.2V_{P-P})，由一系列滤波器处理，分离出有用亮度信号。

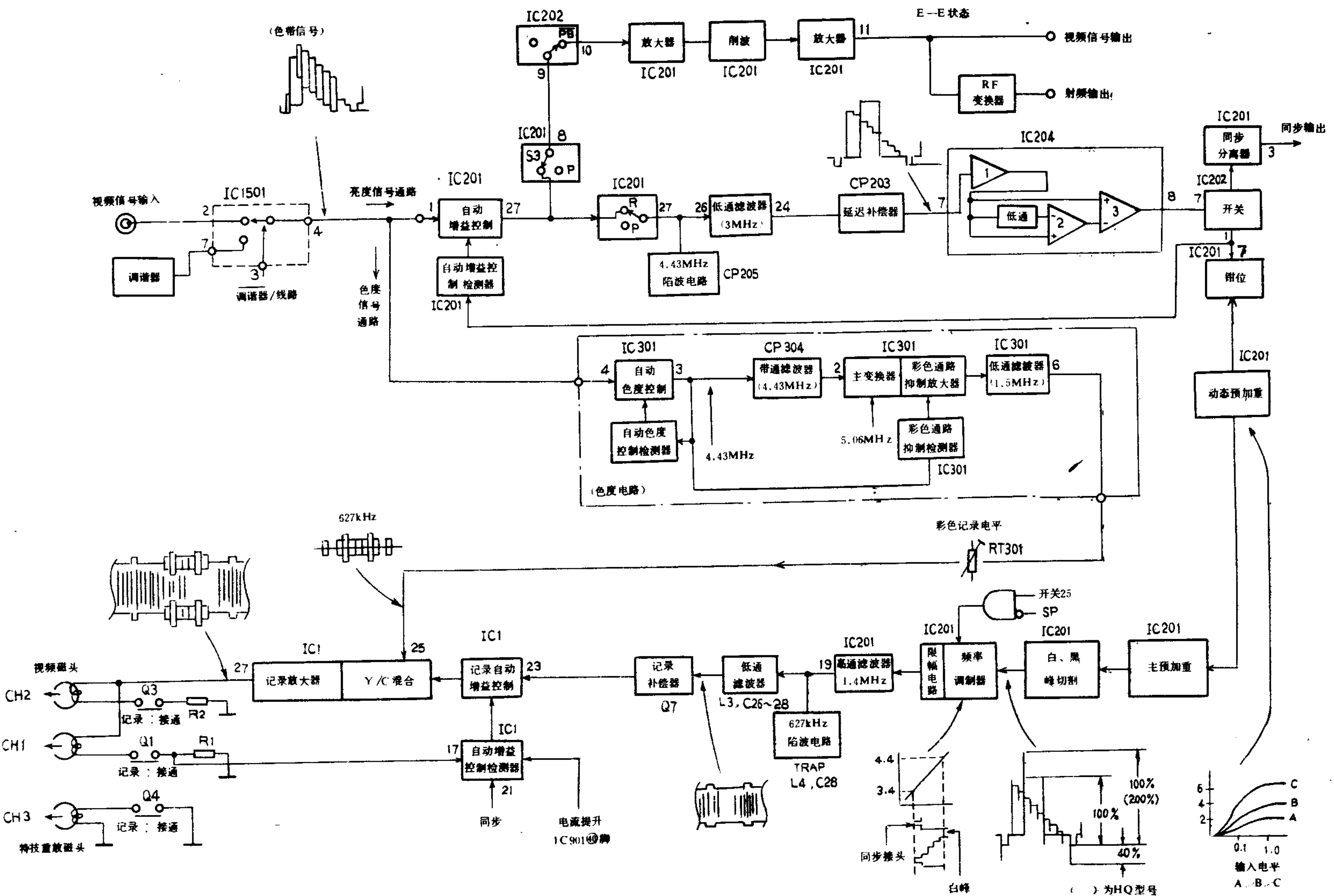


图 11—26 视频记录信号处理方框图

(3) 亮度信号分离

PAL 制彩色全电视信号的色度信号安排在亮度信号频谱高端，处于 4.43MHz 正、负 500kHz 的带域内，而 VHS 录像机只能记录 3.5MHz 以下的亮度信号。高于 3.5MHz 的视频高频成分，在这里没有多大作用、但是频谱均匀分布的白噪声，信号通道频带越宽，噪声能量就越大，因此恰如其分地控制信道通频带，是提高信噪比的有效手段，所以 427E 录像机在进行色、亮分离时亮度通道多次采用陷波器和低通滤波器来衰减色度信号的视频高端噪声，滤出有用亮度信号。

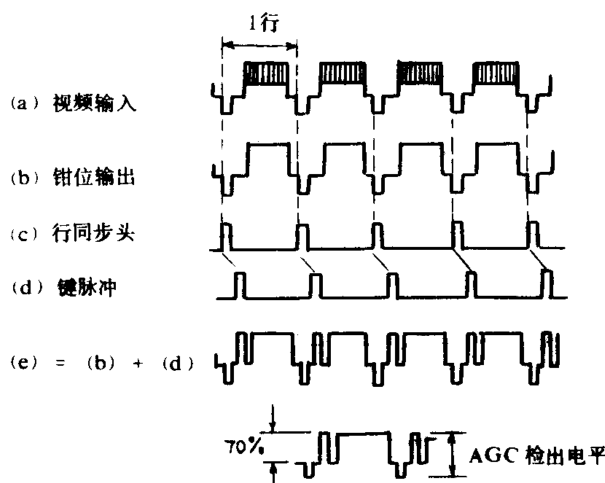


图 11—27 AGC 检出器波形图

① 由 CP205 构成 4.43MHz 陷波器，经 AGC 放大以后的信号，由 CP205 首先滤除色度信号。它是一个可调线圈和电容器组成的串联谐振回路，中心陷波频率可由线圈调整。陷波深度达 20dB 以上，6dB 陷波频率范围大于±500kHz，小于±1MHz，保证色度信号频谱集中的频谱区域有较大的衰减，而有用亮度信号不受影响。见图 11—28。

② 由 IC201 集成电路内部 3MHz 的低通滤波器消去 4.43MHz 陷波器不能滤除的高频部分。低通滤波器和陷波器综合效果使高于 3.9MHz 的高频分量有较大的衰减。信号由 IC201㉖脚输入，24 脚输出，随后经低通滤波器进一步滤波。

③ 由 CP203 构成 3.5MHz 的低通滤波器，不但使视频亮度通道的高频衰减特性得到进一步加强，对 4.43MHz 频率衰减 20dB 以上，3dB 低通特性下降频率在 3.5MHz 附近，并使滤波器通带内的延时特性设计在 500～600ns，用来补偿色度通道和亮度通道的时延差。CP203 的输出端又接上一个串联谐振 4MHz 陷波器(L210、C216)，增加 3.5MHz 至 4.0MHz 滤波特性的衰减陡度。见图 11—29。经 CP203 低通滤波以后的信号已经是分离后的亮度信号，输入 IC204⑦脚。

④ IC204 记录时，作为高频噪声消去电路。

从 IC204⑦脚输入的亮度视频信号先由运算放大器 1 进行放大(见图 11—30)，其后分成三路，其中两路送入放大器 2，一路送入放大器 3。送入放大器 2 正输入端的是直通信号，送入负输入端的是经低通滤波器滤去高频成分和高频噪声的信号 A。这二种信号在运算放大器 2 中相减后得到仅有高频成分和高频噪声的信号 B 送到运放 3 的负输入端。输入运放 3 正输入端的亮度信号和负输入端的高频成分及噪声 B 相减，就得到高频噪声已被消减的输出信号，由 IC204⑧脚输出。图 11—31 绘出了亮度记录视频通道综合滤波特性。幅度均匀的扫频信号从 IC201①脚输入，幅度为 23mV。经 IC201 AGC 放大，CP205 4.43MHz 陷波器陷波，滤去色度信号，在 IC201㉖脚测得扫频信号波形(a)。滤形(a)也就是 CP205 实际的陷波效果，由图可知高于 4MHz 的高频信号没有滤去。波形(b)是 IC201㉔脚测得的扫频波形，可以看出，IC201 内部的 3MHz 低通滤波器的作用，它将 3.9MHz 以上的频率成分滤去。波形(c)是经 CP203 和 L210、C216 的作用，将低通的 3dB 截止频率移到 3.5MHz，进一步衰减了高频噪声。波形(d)是 IC204⑧脚测得的扫频波形，比较(c)和(d)可以看出 IC204 衰减了高频成分，也即衰减了高频噪声。由图可知，经过多次滤波以后，综合低通特性 3dB 下降点逐渐移到 3.2MHz，20dB 衰减频率在 3.7MHz 附近。

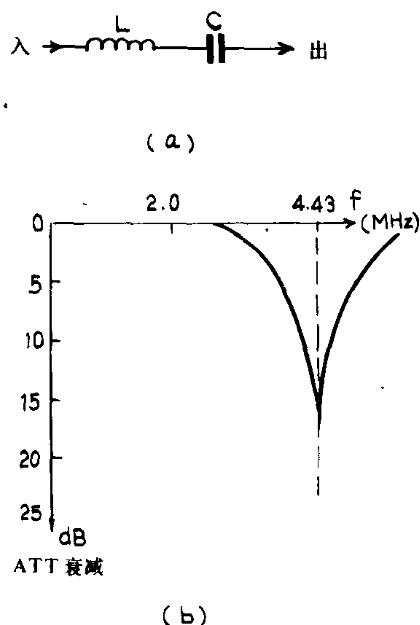


图 11—28 CP205 陷波器组成及特性

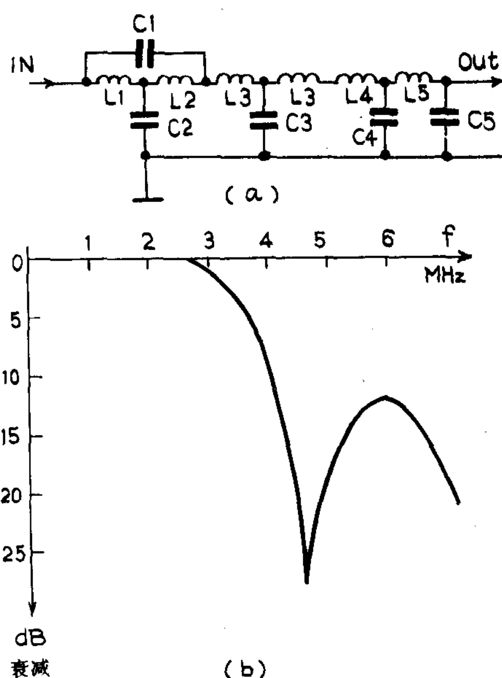


图 11—29 CP203 低通滤波器组成及滤波特性

（4） 频率调制电路

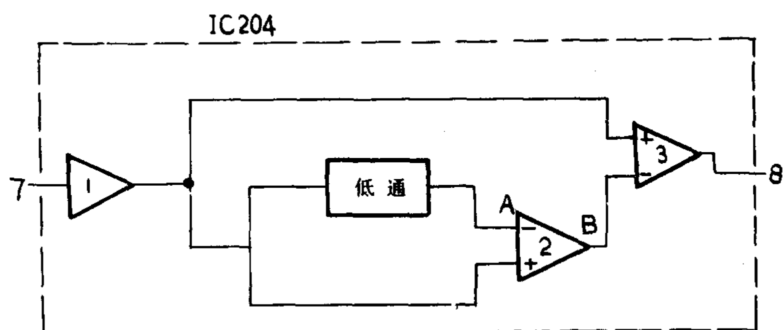


图 11—30 记录高频噪声消去电路

IC2048 脚的输出信号经 IC202⑦脚和①脚的录/放电子开关 S1 又回到 IC201⑦脚，在 IC201 集成块内由录/放电子开关 S2 切换进入色度消除处理。然后分成二路，主信号经钳位电路、预加重电路、黑/白切割电路、调频调制电路(FM)、1.4MHz 高通滤波器从 IC201⑲脚输出幅度为 0.35V_{P-P}的 FM 调频波。Q203(2SC1740S)是录/放转换开关，重放时切断 FM 记录信号，记录时作为射极跟随器，它的输出通过接插件 PG201③脚输给预放盒。

（5） 同步分离电路

IC201 内部的另一路视频信号经录/放开关 S1 至同步分离电路，将视频信号中复合同步信号取出来，供 IC201 内部自动增益控制电路作为控制增益量的依据(检测对象)。复合同步信号还输给伺服电路作为记录鼓伺服的基准信号；输给色度通道作为逐行移相－90°循环计数器的计数脉冲信号；输给磁头记录放大器 AGC 电路。

（6） 磁头记录放大

① 记录调频通道的滤波网络。Q203 的输出电路中，L214(100μF)、C215(270PF)组成 1MHz 的陷波器，加强 1.4MHz 高通滤波器的衰减特性。在预放盒内，FM 调制波又经过低通滤波器(由 C26、C27、C29、L3 组成)滤去高于 7.5MHz 调频波的高频成分和噪声，为进一步防止亮度和色度的串扰。427E 在预放盒的亮度调频通道中又设计了 C28、L4 组成的串联谐振陷波器，使 1MHz 以下的低频分量有 20dB 以上的衰减。Q6(2sc2412)为高频放大器，Q7(2sc2412)为射极输出级，它们的增益弥补了上述三个滤波器造成的通频带内衰减，然后信号输入 IC1㉓脚。

② 色度混合和记录放大器。预放器内集成电路 IC1(HA118017)在记录时完成调频亮度信号和色度信号混合、放大,然后输给视频磁头记录。记录放大器采用记录电平自动调整电路,这是较以前录像机先进之处。由于视频磁头阻抗特性有差异,以往录像机在将视频磁头和记录放大器装配时,需进行记录电流调整,调整过程兼顾记录电流大小和记录频率响应特性。家用录像机一般在记录放大器的特定电路测试点,规定同步头的 FM 包络幅度大小作调试基准,用电位器来调整。427E 的 IC1 集成电路内部设计了 FM 自动增益控制(AGC)反馈电路。它在流过磁头的记录电流环路中(Q3 的发射极电路中)插入一个小电阻(R1＝12Ω),记录电流的大小通过 R1 上的电压降反馈到 IC1⑰脚,作为 FM・AGC 增益控制的依据,根据记录电流的反馈信号,自动控制放大器的增益。如果记录电流大,R1 两端的电压就变高,⑰脚上的电压也变高,结果 AGC 的增益减小,使记录电流保持一定值。IC1㉑脚输入从 IC201 来的行同步信号,控制 FM・AGC 电路在行同步期间 AGC 的检测电平起控制作用,一直保持到下一个行同步脉冲的到来。

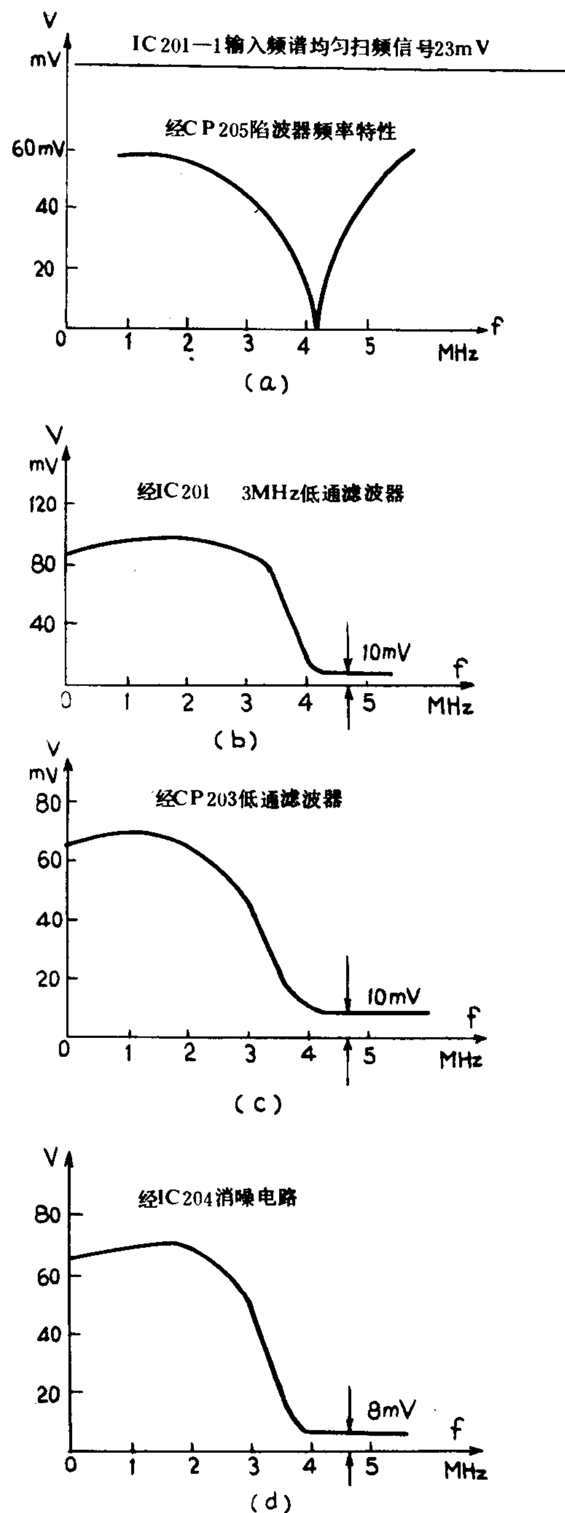


图 11—31 亮度视频通道滤波特性

Q5(2SB1218)是记录推挽放大器的一臂,另一臂集成在 IC1 内部。推挽放大后的信号通过插头座 PG1④脚输给磁鼓组件。Q1～Q4(2sc3124×2)是记录重放转换开关,控制系统通过 PB5V 和 REC9V 控制 Q1、Q3、Q4 记录时导通,而 Q2 截止。记录电流从 IC1㉗脚通过 PG1④脚分二路同时流经 CH1 磁头、C2、Q1、R1 到地,CH2 磁头、C1、Q3、R2 到地。PG1 插头座直接联磁头,实际上是通过下磁鼓组件的旋转变压器耦合到磁头线圈的。

2. 亮度信号重放流程和各元器件作用

参见图 11—32 视频重放信号处理方框图。

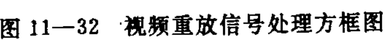


图 11—32 视频重放信号处理方框图

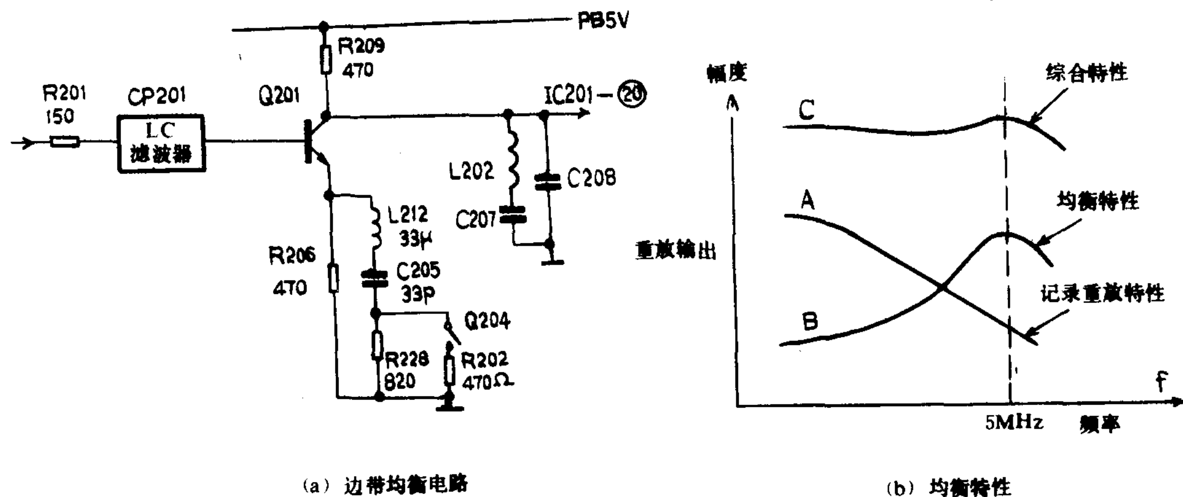
（1）重放调频通道

① 磁头信号预放大和磁头切换开关。预放器在重放时起前置放大的作用，它将磁头拾取的微弱信号放大，用电子开关将两个间断的信号切换成一个连续的包络信号。其信号流程如下，重放时CH1和CH2两个磁头拾取的信号由磁鼓中的旋转变压器升压（427E的升压比是1：4），经插头座PG1③、⑤脚输给预放器IC1的⑨脚、⑦脚。Q1、Q3在重放时为开路状态，Q2是导通状态，使CH1、CH2磁头的公共端接地。IC1集成电路内部将二路输入信号在前置放大器CH1和CH2中分别放大。该前置放大器是多级低噪声放大器，能将信号放大20dB～30dB。经CH1和CH2通道放大后的二路信号都送入切换开关（CH SW），切换开关受伺服电路25Hz磁头切换脉冲的控制。该脉冲是占空比为50%的方波信号。

427E的前置放大器有三个预放通道，除上述CH1和CH2外，还有CH3预放器，它放大特技重放磁头拾取的信号，由插头座PG1②脚输入IC1第⑤脚，Q_4在重放状态为开路，信号得以进入IC1。特技重放通道放大的信号输入切换开关电路，由插头座PG2⑤脚输入的静放磁头开关信号控制。该信号来自伺服电路IC602①脚。当静放时此信号为"高"电平，CH3磁头所拾取的信号代替CH1磁头，输出信号由CH3和CH2波形合成。CH3磁头和CH2磁头有相同的方位角，都扫描CH2磁迹，因此427E静放时避免了二磁头机帧静像方式所不可避免的图像抖动。在正常重放中，静放磁头开关为"低"电平。输出包络信号由CH1和CH2两预放通道合并而成，包络信号从IC1⑱脚输出，经Q_8射极跟随器由PG2—④脚输出FM包络信号。实际上在重放彩色信号时，包络信号包含了低载频（627kHz）的色度信号，不过调幅色度信号幅度很小，淹没在亮度调频信号中了。

预放器的重放FM包络输出信号经插头座PG2到主电路板，一路进入色度处理电路，另一路进入亮度处理电路。

② 重放FM包络边带均衡电路。由于磁头磁带之间的记录、重放幅频特性的不均匀，2MHz处幅度呈现峰值，高频段呈衰减趋势，因此亮度重放处理电路必须把这种磁头磁带录、放幅频特性补偿过来，即相对提升高频分量，这个过程叫边带均衡处理。427E中用Q201作为边带均衡放大器，图11—33(a)是它的电原理图。Q201的基极输入电路中串接了R201、CP201的R、L、C串联谐振回路，发射极负反馈电路接入了C205、L212、R228串联谐振回路。CP201是一个频率可调的4.43MHz的串联谐振电路，通过调节磁心来调整谐振频率，R201用以改变回路的Q值。在CP201的谐振频率点上，Q201的输入阻抗最小，输入电流达谐振峰值，放大器增益



(a) 边带均衡电路　　　　(b) 均衡特性

图11—33　重放FM包络边带均衡电路及特性

最大，该分量得到提升；对于小于谐振频率的分量，输入阻抗逐渐增加，增益也渐渐降低。因此CP201提升了4.43MHz高频分量，改变R201的大小，可以改变提升量。C205、L212、R228串联电路是谐振频率固定的5MHz陷波器，接在Q201发射极的电流负反馈回路上。根据反馈放大器原理，在陷波频率上增益最高，即提升了5MHz频率的幅度。通过Q201基极和发射极二个谐振频率交叉的串联谐振回路使提升的高频呈平坦形。图11—33(b)是重放FM包络均衡特性，曲线A是记录重放幅频特性，高频呈下降趋势；曲线B是Q201均衡提升特性，在5MHz附近呈平坦峰值；曲线C是A、B二者的综合效果，使整个记录重放频率特性呈平坦型。当然Q201的基极输入和发射极反馈回路也衰减了FM的低频分量(2MHz以下)，起到色、亮分离的作用。

开关管Q204并联在R228二端，在正常重放时，它呈开路状态，在静放和慢放等特技重放状态，Q204导通，它将R202(470Ω)并联在R228(820Ω)上，减小了L212、C205串联谐振电路的阻尼电阻，提高了回路的Q值，使特技重放的调频信号高端提升量增加，加强了解调以后视频信号的低频分量。

③ 色、亮分离高通滤波器。L202、C207是Q201集电极回路上的串联陷波器，陷波频率在620kHz附近。它大幅度消除FM包络信号中的色度信号，将亮度信号进一步分离出来。Q201的输出信号幅度为500mV_{p-p}，进入IC201⑳脚，在IC201内完成调频解调的一系列处理过程。

(2) 调频解调电路

① FM、AGC调频自动增益控制放大器。由于磁头在磁带上拾取信号幅度的不稳定和预放器内前置放大电路放大特性的差异，会引起重放调频信号幅度起伏。调频AGC电路就是对调频信号进行峰峰值AGC自动增益控制。AGC检测器不断检测FM调频信号的包络大小，将它转变成直流电平，去控制AGC放大电路的增益，使得调频信号的幅度为一定值。AGC检测电路也有失落检测功能，当调频信号的幅度小到一定电平时，失落检测器就判为信号失落，从IC201⑯脚输出高电平给IC202的失落补偿器进行失落信失补偿。

② 相位补偿电路。录像机的记录重放调频电路不可避免地会引入相位畸变，如前所述，高频特性提升电路在起到幅度校正的同时，也产生了相位随频率发生畸变的情况。相位补偿的作用就是消除这些相位畸变，使解调以后的视频信号失真小。

③ 限幅器。限幅器的作用是进一步放大FM信号，将高于一定电平的正峰值和负峰值都削去，以消除磁头和磁带接触不均匀、磁头特性差异以及杂波干扰等产生的幅度波动，得到平坦的调频亮度信号包络，以提高解调信号的信噪比。

④ 解调器。解调器的作用是将调频信号通过鉴频恢复成视频信号，这里使用脉冲延迟方式，其解调实质是先将调频信号变换为脉冲，其脉冲占空比和输入调频信号频率成反比(即脉冲宽度调制信号PWM)，然后将PWM信号通过滤波器除去载波就解得视频信号。经限幅处理的调频信号A分成两路，一路直接送加法电路，另一路经延时电路τ变成信号B再送入加法电路，相加后输出波形C。频率越低，波形A脉冲越宽，波形C脉冲也相应变宽，经全波整流变成PWM波形D。PWM信号经低通滤波器平滑滤波就得到亮度视频信号。FM中的高频分量对应解调后视频亮度信号中的低电平部分。负极性的解调输出经反向后就得到正极性的视频图像信号。

⑤ 主去加重电路。去加重电路是同记录时预加重电路对应的互补电路，目的是将记录时提升的高频加强量去除，恢复原来的视频频率特性。经主去加重电路后，视频信号通过录/放转换开关S6由27脚输出，经CP205(4.43MHz陷波器)滤波，又从IC201㉖脚回到集成电路内部经3MHz低通滤波器滤波。这二个滤波器主要是滤去调频解调过程中的载波分量和视频有用

频带以外的高频噪声，然后信号经 IC201㉔脚输出。

(3) 重放视频电路

① IC204 重放均衡。IC201㉔脚的输出信号经录/放公用电路 CP203(LPF)和 L210、C216 陷波器，进一步消除载波分量，同时也起到延时亮度信号的作用，使色度和亮度信号的时延差得以均衡。然后输入 IC204⑦脚。IC204 在重放时作为均衡器进行延时处理，目的是校正亮度信号和色度信号的相位差。因为重放色度信号过程比较复杂，所以和记录相比，在亮度重放电路中又增加了延时均衡电路，经均衡电路以后由 IC204⑧脚输出，通过隔直电容 C219 输入 IC202⑦脚。

② IC202 失落补偿器和降噪电路。427E 的失落补偿电路有较大改进：它采用调频失落检测，控制解调以后的视频信号并进行补偿。方法是用前一行视频信号代替失落行。以前一般是用 FM 信号进行补偿的。在器件上 427E 采用数字式电荷耦合器件(CCD)1 行延迟线 IC203 (HT4664)。它把视频信号进行 A/D(模拟量变为数字量)变换存储起来，延时 1 行以后取出把数字量还原成模拟量(D/A)输出。427E 的失落补偿电路和 HQ 的垂直处理电路结合在一起处理。信号失落时成失落补偿器，而正常状态时作垂直处理器以降低亮度信号的噪声。其失落补偿器电路采用类似图 3—35 的电路。

IC201⑯脚输出失落检测信号，输到 IC202⑳脚，高电平时为失落状态，IC202 内 SW1 就转向失落位置。从 IC202④脚输入的经 IC2031 行延时的上一行视频信号代替原来由 IC202⑦脚输入的信号。在正常情况下，即不失落情况时，IC202⑳脚输入的是低电平，开关 SW1 倒向不失落侧，亮度信号从 IC202⑦脚输入进行 HQ 垂直信号处理。IC203 是 CCD 式 1 行延时线的集成电路，它和 CP204 低通滤波器组成了 1 行亮度延时线，其工作原理见图 11—34。其 A/D 变换的频率是 $2f_{sc}$(f_{sc}=4.43MHz)，由色度信号电路 f_{sc}晶振产生。从 IC203⑭脚输入的 f_{sc}经乘法器乘以 2，变成 $2f_{sc}$。视频信号由 IC203⑤脚输入经 A/D 变换器变换为数字信号，由 CCD 器件延迟 64μs。经延迟后的数字信号又经 D/A 反变换从 IC203③脚输出，由 CP204 低通滤波器滤去 $2f_{sc}$ 取样信号，恢复为模拟视频信号，经放大后输给 IC202④脚、CCD 延时器件和玻璃超声延时线相比具有频率特性宽，延迟时间正确等优点。经失落补偿和降噪电路处理以后，信号经 S1 录放开关由 IC202①脚输出经 C227 再次输入 IC201⑦脚进行非线性去加重和噪声消除电路。

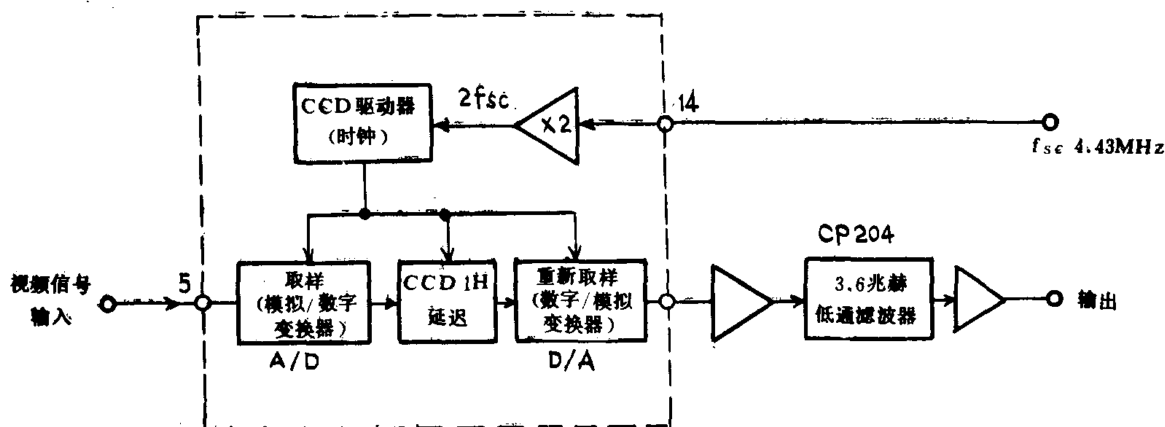


图 11—34 CCD1H 延迟电路

③ 非线性去加重(动态去加重)电路。非线性去加重电路是记录时动态预加重电路的互补电路，它的去加重量可以和记录时的动态加重量相同，也可以比记录时的加重量小，剩下的动态高频特性提升量即是图像细节增强提升量。

④ 噪声消除电路。噪声消除电路的实质就是采用差动放大器、限幅器消除信号中的小幅

度高频噪声，其工作原理如图 11—35。包含有小幅度高频噪声的视频信号进入消噪电路后分成三路：a、b、c。b 路信号直接输入运放正输入端，c 路经 R、c 组成的低通滤波器滤去高频信号和噪声，仅剩低频分量，输入运放 c 的负输入端。在运放 c 的输出端，b、c 两者相减剩下高频信号和噪声。因为信号比噪声幅度要大，所以通过限幅电路将超过一定幅度的信号削掉，滤去信号，仅剩下小幅度的噪声。此噪声送入减法器，由减法器从 a 信号中减去噪声，得到消噪以后的信号输出。所以消噪电路只能消去小幅度的高频噪声。信号由 IC201⑧脚输出，由 IC202 的轮廓增强电路加强图像轮廓。附带说明一下，消噪电路也消去了一部分高频分量，特别是高频小信号分量，所以 IC201 内部的限幅电平及低通滤波器特性对于消噪的效果和信号的频率特性至关重要。

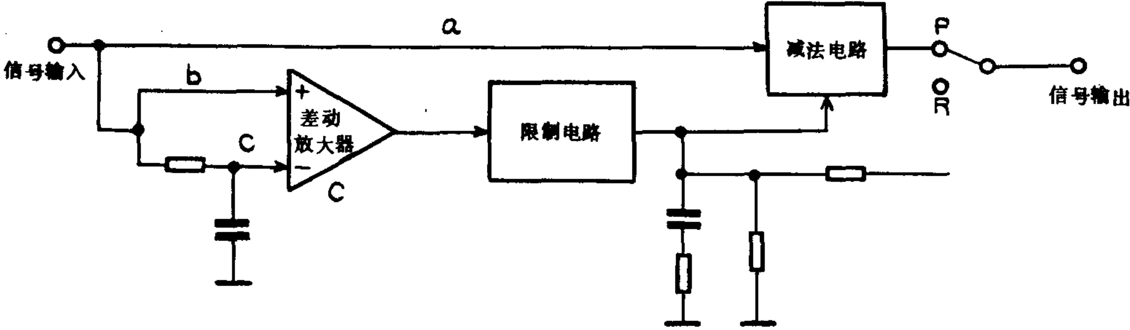


图 11—35 噪声消除电路

⑤ 图像轮廓(边缘)增强器。经动态去加重处理和噪声切除的亮度信号分成两路，一路经重放开关 S1 送入同步分离器，分离出同步信号从 IC201③脚输出到伺服电路，色度处理电路：另一路主信号经录放开关 S3 从 IC201⑧脚输出，经隔直电容 C226 送入 IC202⑨脚进行图像轮廓增强处理。

图像轮廓增强电路的实质是提升视频信号跳变沿的高频分量，增加图像的轮廓线。其作用原理如图 11—36。它把亮度信号 A 分成两路，主信号通过低通滤波器，进一步消除高频噪声，当然不可避免也损失一部分高频分量，但是基本波形不失真，输出波形如 B；另一路先经同步消除电路去掉亮度信号中的同步信号(因同步信号的跳变沿不需增强)。用微分电路取出亮度

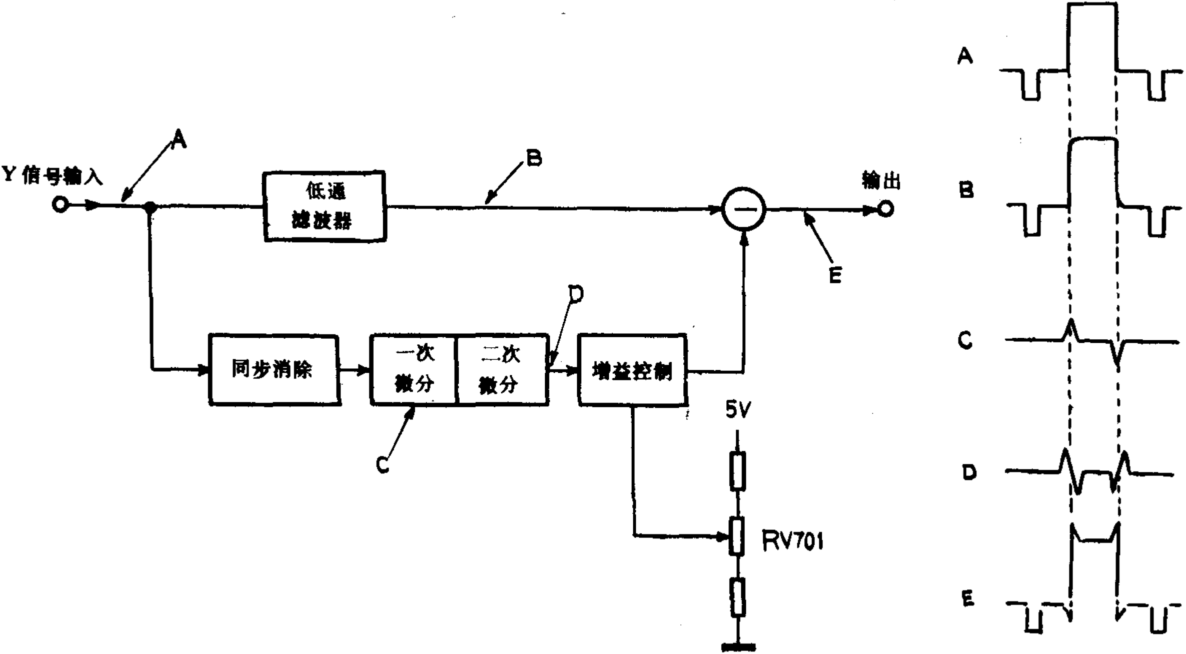


图 11—36 轮廓增强电路

信号跳变沿的高频分量C，将它再来一次微分并倒相成为轮廓加强波形D。将波形D经过适当的增益控制和主信号相减就成为边缘增强后的输出波形E。波形D增益控制放大器受前面板上的图质控制电位器RV701（PICTURE CONTROL）控制，用户可以调节RV701来改变轮廓增强电路的作用的强弱。经轮廓（细节）增强以后的信号由IC202⑩脚经电容C209又回到IC201⑨脚。

⑥ 静噪电路。录像机重放状态的建立需要一个动作转换的过程，来建立稳定的走带状态。在状态转换的非稳态过程中，图像输出是不稳定的。视频静噪电路的任务就是在录像机非稳态过程中，将视频输出信号截止，使监视器或电视机上不出现不稳的图像。待走带到达稳定以后，才解除通道截止状态，使正常放像。

427E在亮度处理集成电路IC201的输出端，插入了一个电子开关S4。该开关受控制系统微处理机IC901㊶脚控制，控制线通过IC202㉖脚、⑳脚内的放大器，输入IC201⑯脚。该信号在停止状态是2.8V，正常重放时是0.4V。在磁带加载过程中是4.5V，此时S4开路，截止视频通道的输出。

IC 201把⑨脚输入的亮度信号（3.5MHz以下）和⑤脚输入的色度信号混合成为重放彩色全电视信号，静噪开关S4就插在这里的输出端。经过S 4控制以后，又经过削波和6dB放大器，从⑪脚输出，完成重放信号的解调总过程，见图11—37。

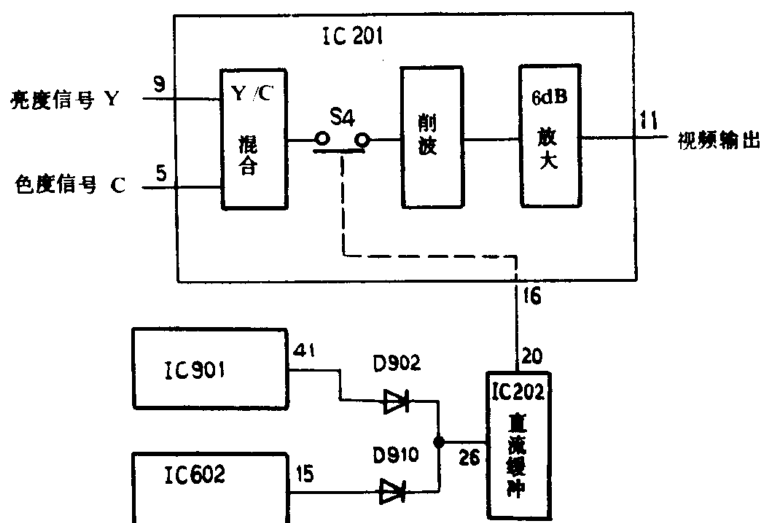


图 11—37 静噪电路方框图

静噪开关S 4还起着特技重放垂直模拟场同步信号的插入功能，这时S 4受伺服电路控制，由IC 602⑮脚输出的模拟垂直同步脉冲，经或门D 910、D 902处理，以和静噪控制信号相同的线路进入IC 201⑯脚，将同步脉冲和图像信号合成，代替特技重放时由于跨越磁迹而受损的场同步信号，使全电视信号完整，监视机图像稳定。

11.2.4 色度信号电路

427E的色度信号处理电路主要由IC301（HES8455）组成。它是记录重放公用的电路，由控制系统输出PB5V至IC301⑳脚来切换控制。该引脚加上5V时为重放状态，0V时为记录状态。

1. 色度信号记录流程和各元器件作用

参见图11—38色度信号记录电路方框图。

（1）色度信号降频主电路

亮度信号记录处理电路中的视频输入信号，除送入亮度通道外，分一路送入IC301④脚。在IC301内由自动色度增益控制电路（ACC）进行放大。ACC电路的作用类似于亮度信号电路的AGC电路，它使色度信号电平不受视频输入电平变动的影响（当然要在一定范围内）。和AGC不同的是这里自动控制的依据不是行同步头的大小，而是色同步头的大小。色同步和行同步一样，在标准彩色电平时色同步头的幅度不受图像信号内容的影响。因此通过检测色同步头的大小，反馈回来控制ACC放大器的增益，使ACC的输出信号色同步头的幅度为300mV_{P-P}，

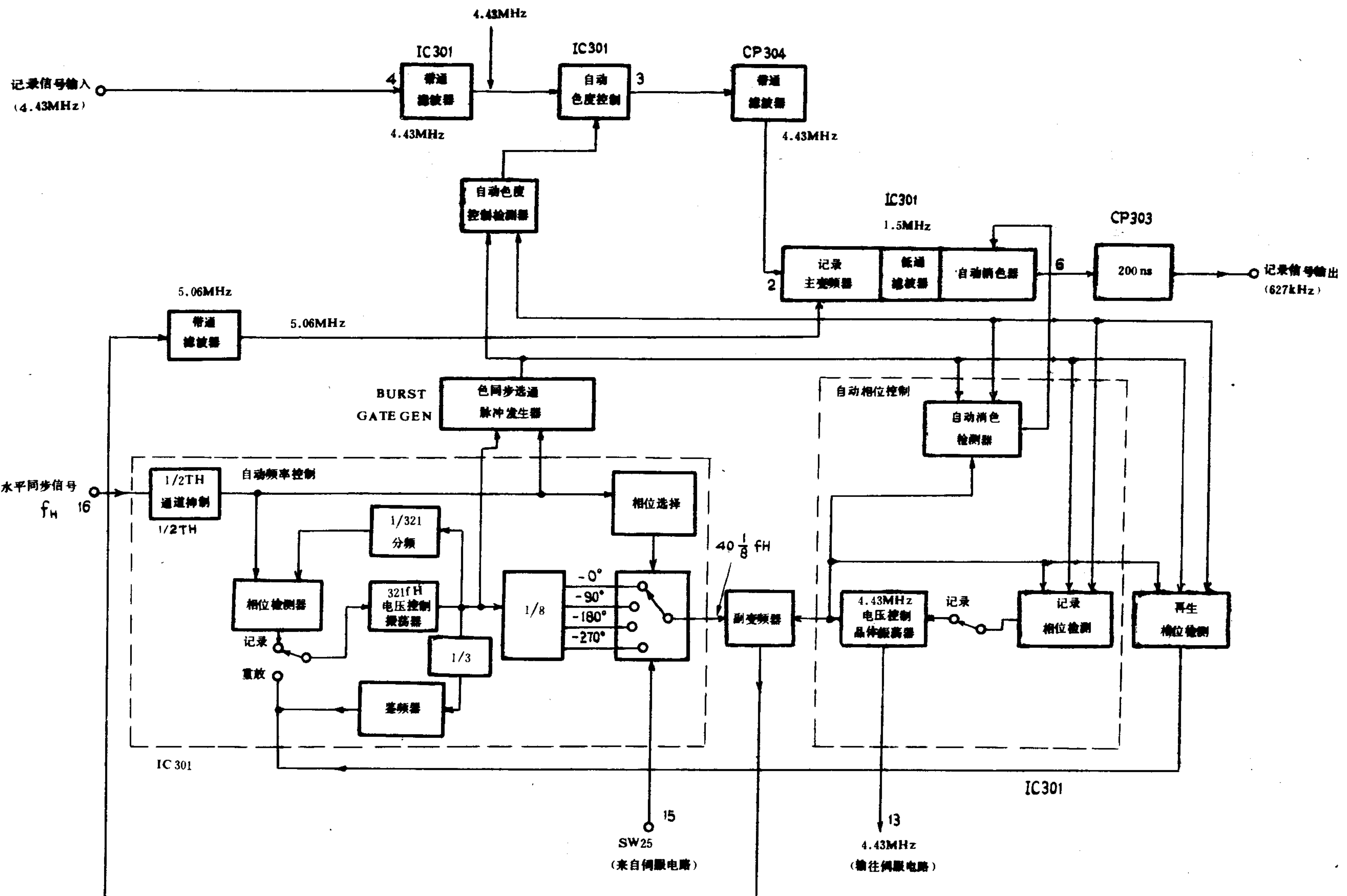


图 11—38 色度信号记录电路方框图

以达到自动控制色度信号的目的。ACC的处理过程波形如图 11—39。

由图可见，视频信号(a)经带通滤波器取出色度信号(b)，然后将从亮度信号中分离出来的行同步信号 C 延时、倒相成色同步选通脉冲(d)。使脉冲 d 在时间上正好对准色同步脉冲 e。因此就选出了色同步信号。ACC 检测器采用对色同步信号进行峰值检波，经滤波成直流控制电压去控制 ACC 放大器的增益，使色度信号幅度稳定。427E 录像机经 ACC 放大后的色度信号幅度为 $400mV_{P-P}$从 IC301③脚输出给 4.43MHz 带通滤波器 CP304。

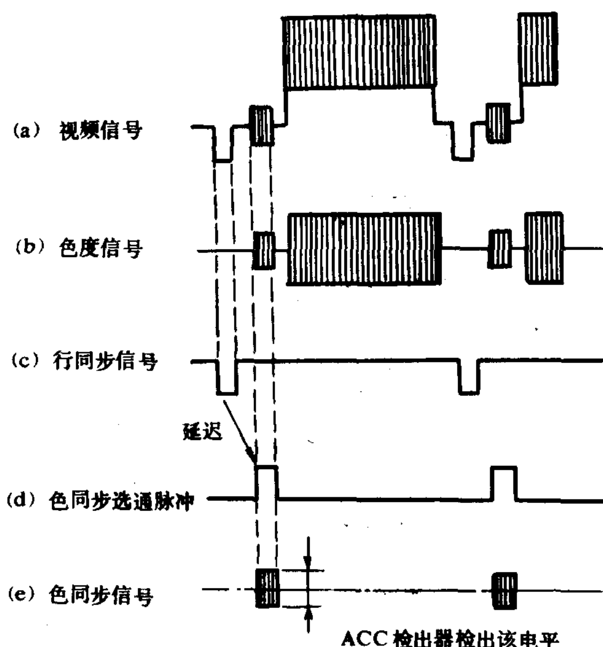
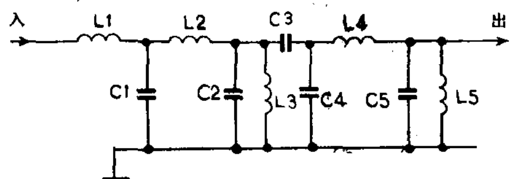
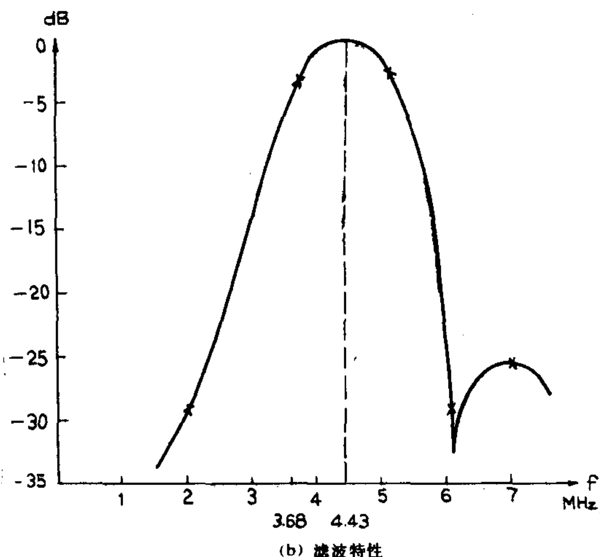


图 11—39　ACC 处理过程波形

4.43MHz 带通滤波器的作用是分离出色度信号。带通滤波器特性如图 11—40，其 3dB 带宽大于±500kHz，阻带衰减特性大于 28dB。经带通滤波器后，信号再以 IC301②脚回到 IC 内部进行频率变换。记录主变换电路为平衡调制器，其作用是将 4.43MHz 的色度信号同副变换器送来的 5.06MHz 本振信号混频，产生出 627kHz 的降频色度信号。由于5.06MHz 的本振信号是隔场逐行移相90°的，故降频以后的色度信号也是隔场逐行移相90°的。其目的是，记录时使相邻两场的色度信号频谱错开1/4行频，防止邻近磁迹互相串扰。



(a) 电原理图



(b) 滤波特性

图 11—40　4.43MHz 带通滤波器特性

记录主变换器除了产生4.43MHz 和5.06 MHz 的差频627kHz 外，还产生二者的和频及二者本身信号。因此，使变频以后的信号通过1.5 MHz 的低通滤波器，除去627kHz 以外的其它信号，以免干扰调频亮度信号。经过低通滤波器以后，信号输入到自动消色电路。在正常彩色信号的情况下该电路对色度信号起放大作用，而后信号由 IC 301—6脚输出。在黑白信号或输入色度信号质量很差的情况下，自动消色电路就切断低通滤波器的输出信号，使 IC 301⑥脚没有输出。

IC301⑥脚的输出经 200ns 色度均衡延时线和色度记录电平调节电位器 RT301，由插头 PG201②脚送预放盒和亮度信号混合进行记录。

(2) 5.06MHz 本振信号的产生

427E 录像机从输入的视频信号中分离出行同步信号 f_H 和色同步信号 f_c，用 $321f_H$ 压控振荡的 AFC 环路产生 5.0156MHz($=321f_H$)信

号，用 4.43MHz 压控晶振 APC 环路纠正 5.06MHz 本振信号的相位偏差，通过 4.43MHz 和 627kHz 的变频产生 5.06MHz 本振信号。

具体工作过程如下（见图 11—38）：

① $321f_H$ 电压控制振荡器的 AFC 环路。由 IC301⑯脚输入的同步信号，先经行脉冲分离电路取出行同步信号，对于场同步头前后 2 倍行频的均衡脉冲尤其要进行处理。分离出的行脉冲作为基准信号送 AFC 环路的相位检测器。321 倍行频的压控振荡器产生的振荡电压经 321 分频后作为比较信号也进入相位检测器。检测以后误差直流信号反馈回到 $321f_H$ 压控振荡器，去控制它的振荡频率，使它精确等于 321 倍行频。

② 隔场逐行移相－90°电路。$321f_H$ 压控振荡器的输出信号经 8 分频处理，变成频率为 $40\frac{1}{8}$倍行频（626.953kHz），并且产生 4 个相位不同的 627kHz 信号。移相电路把不同相位（0°、90°、180°、270°）的 627kHz 信号和 4 个启动信号按一定的时序将它们合成，产生相位突变 0°、－90°、－180°、－270°的 627kHz 的信号。这就是我们平常所说的相位逐行旋转的 PS 方式。

启动信号是将输入 IC301⑯脚的行同步脉冲作用于环形计数器产生的。图 11—41 表示启动信号的相位，对于 CH2 视频磁头对应的视频场，启动信号逐行产生脉冲的次序是 1→4→3→2，这样就产生 0°、270°、180°、90°的相位旋转，也等于产生 0°、－90°、－180°、－270°的旋转、IC301⑮脚输入的 25Hz 开关脉冲，能控制启动信号的形态。在 CH1 视频磁头对应的视频场，启动信号的输出固定为 0°与门启动（见图 3—56）。这样，CH1 磁头对应的场就不发生相位旋转。

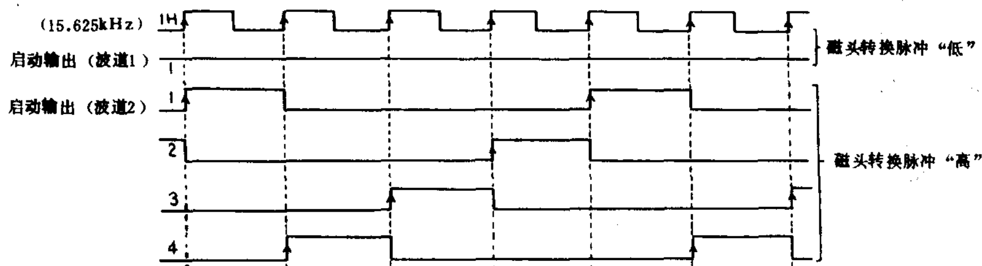


图 11—41　输入 4 移相电路的启动信号

③ 记录 APC 环路。427E 将经 ACC 放大以后的 4.43MHz 的色度信号，经色同步选通脉冲取出色同步信号 4.43MHz 作为基准信号，输入记录 APC 相位检测器。4.43MHz 压控晶体振荡器的输出也输入 APC 相位检测器作为比较信号，在比较器里产生误差校正直流电压，去控制 4.43MHz压控振荡器的频率，纠正它和输入视频信号色副载波的频率偏差。这样 4.43MHz 压控振荡器产生的频率和输入信号色副载波的频率是同频的，而且保持一定的相位关系。

④ 5.06MHz 本振频率的产生 427E 将 AFC 产生的隔场相位逐行旋转的 627kHz 信号和 APC 产生的 4.43MHz 信号混频，然后用5.06MHz的窄带带通滤波器取出二者的和频5.06 MHz，作为记录状态主变频器的本振信号。这个信号和输入信号的行频（及彩色副载波频率）是相关的，所以经降频以后的色度信号载频和行频也是相关的，前者等于后者的 $40\frac{1}{8}$倍。

⑤ 色度滤波器。IC 301内部装有电子调谐5.06MHz 带通滤波器、1.5MHz 低通滤波器。这些滤波器和 APC 环路的误差反馈电压联起来，使得集成电路制造时无须调整，其原理如图 11—42。

(3) 自动消色检测器

在记录黑白信号情况下，输入信号没有色同步信号，因此记录 APC 环路就没有基准信号，

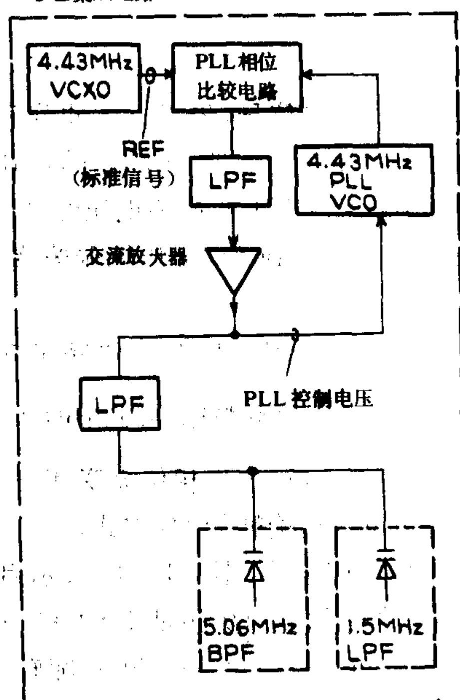


图 11—42　色度滤波器

如果这时彩色通道工作，5.06MHz 的本振信号将和输入信号的行频没有确定的相位关系，在彩色信号的频谱位置将录上一片噪声，因此在色度信号幅度很小或时基太差的情况下录上的信号也将被噪声淹没，自动消色检测器检出色同步脉冲的有否、大小、和相位抖动的程度，作出判决，输出直流误差电压去控制自动消色电路的工作状态。

427E 用色同步选通脉冲取出色同步信号，输入相位检测器，4.43MHz 的压控晶振信号也同时输入相位检测器，在检测器内将二者比较，如果色同步脉冲幅度符合一定要求，相位抖动限制在一定范围内，检测器输出低电平，使自动消色电路呈放大器状态，反之将它切断，断开色度通道。重放通道也没有同样的电路，其工作原理和作用同记录通道相同。自动消色电路也受后面板开关 S1501 的控制。当 S1501 处于“自动”位时，IC301⑫脚为悬浮状态，集成块内部的自动消色电路就起作用，当开关 S1501 处于“彩色”位时 IC301⑫脚为低电平，集成电路内部自动消色电路就不起作用。

2. 色度信号重放流程和各元器件的作用

色度重放过程的核心作用是升频。它将载频升到标准的 4.43MHz 载波，恢复原来录制的电视信号。重放升频过程要消除时基误差、恢复 CH2 磁迹色度信号的相位，并且用 2H 梳状滤波器消除邻近磁迹色度串扰。图 11—43 是色度信号重放过程的电路方框图。

(1) 重放色度信号升频主电路流程

亮度信号重放处理电路中预放器插头 PG201④脚输出的 FM 包络信号除进入亮度通道外，分一路通过 1.6MHz 低通滤波器 CP302 分离出色度信号，输入 IC301⑦脚再经集成电路内部 1.5MHz 低通滤波器滤波，取出 627kHz 的色度信号，进行 ACC 放大、升频变换。录像机对升频变换的本振信号 5.06MHz 采取了相应的技术措施，使伪时基误差校正和 CH2 磁迹相位恢复都在升频过程中一次完成。4.43MHz 的色度信号由接在 IC301-③、②脚之间的带通滤波器 CP304 取出，尔后通过 2H 梳状滤波器 CP301 消除邻近磁迹串扰，通过重放消色电路放大器。它受消色检测器和后面板“自动/彩色”拨动开关的控制，作用同记录方式。最后通过 Q301、QR202 输到亮度电路 IC201 去和亮度信号混合。

(2) 5.06MHz$\pm\Delta f'$ 本振信号的产生

5.06MHz$\pm\Delta f'$ 本振信号由 $321f_H\pm\Delta f'$ 电压控制振荡器的输出经 8 分频得 627kHz$\pm\Delta f'$ 和机内晶体振荡器 4.43MHz 混频(取和频)产生。为了使色度校正信号和低频色度信号有同样的频率变动成分$\pm\Delta f'$，压控振荡器设有两个控制环路：自动相位控制(APC)和自动频率控制(AFC)环路。APC 环路的误差控制电压由重放 APC 相位检测器产生。色度信号中的色同步信号经色同步选通脉冲取出，作为比较信号送入相位检测器，4.43MHz 晶体振荡器(重放时和记录不同，未工作在压控状态)作为标准信号也送入相位检测器。相位检测器输出的误差信号去控制 $321f_H$ 电压控制振荡器的频率和相位。根据锁相环原理，输出色度信号的载频被稳定在 4.43MHz 上。但是当低载频色度信号频率变动成分 $\Delta f'$ 过大时，将导致输出色度信号过大的相

图 11—43 色度信号重放电路方框图

位变动(剩余误差),甚至可能超出同步带宽引起失锁,也可能一开机就在捕捉带外而无法锁定。AFC 环路就是为了减小 $321f_H \pm \Delta f'$ 电压控制振荡器的误差范围,增加 APC 环路的同步范围,减小输出色度相位变动而设置的。$321f_H$ 电压控制振荡器先经 3 分频得 $107f_H$ 频率,进入鉴频器。鉴频器输出的误差电压反映了低载频色度信号的频率变动,而 AFC 环路误差电压的作用是使压控振荡器的频率跟随低载频色度信号的频率变动,起到粗调的作用,使 $321f_H$ 的频率误差范围在 $(321\pm1)f_H$ 以内(见图 11—44)。这样,APC 环路只需细调 $321f_H$ 压控振荡器的频率,使和低载频的变化一致。427E 采用脉冲记数式鉴频器,用 IC301⑯脚输入的行同步信号作时间基准,用 6 个行周期的时间间隔对 $107f_H$ 信号进行脉冲记数。在正常情况下,脉冲记数值为 642 个。如果 $321f_H$VCO 的频率低于(或高于)期望值,脉冲数将小于(或大于)642。当脉冲数值是小于 639 个(或大于 644)时,鉴频器输出误差电压去控制 $321f_H$VCO 的频率,使它的频率升高(或降低。)图 11—44 是 $107f_H$ 鉴频器直流误差输出特性。因为副载频 627kHz$\pm\Delta f'$ 和行频是在同样条件下记录、重放的,所以它们具有相同的相对时基误差,以行同步作时间基准也相当于用低载频作时间基准对 $321f_H$VCO 进行校准。

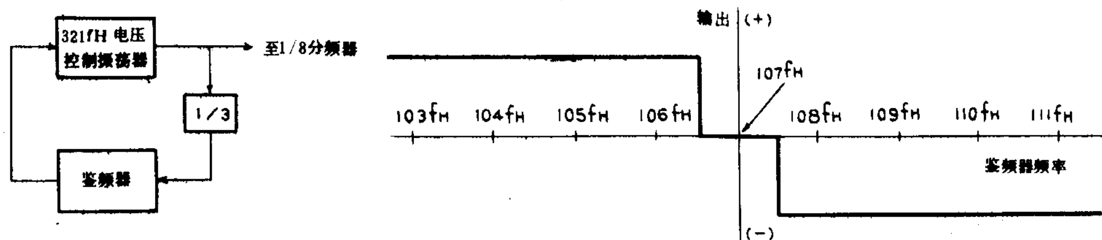


图 11—44　$107f_H$ 鉴频器特性

重放电路 5.06MHz$\pm\Delta f'$ 本振信号的其它处理,如 8 分频、隔场逐行移相 −90°,以及色度滤波器,消色检测都和记录电路相同。通过这样的升频电路,可以使录像机输出稳定的 4.43MHz 色副载波信号,监视器能正确地恢复原录的色差信号,实现正确的彩色重现。

(3) 2 行延时梳状滤波器

2H 延时梳状滤波器是由一根 2H 超声玻璃延迟线和一个电阻衰减网络并联而组成。它完成色度信号主信号和串扰信号的分离工作。2H 延时线相延时时间为 127.886μs。与其并联的电阻 R 视延时线衰减特性而定,大约在 1～2kΩ 量级。图 11—45 用图解法表示了梳状滤波器分离邻近磁迹色度信号串扰的原理。图 11—45(a)表示 2H 延时梳状滤波器幅频特性;图 11—45(b)表示重放时 VHS 录像机色度信号中的有用信号;图 11—45(c)表示邻近磁迹串扰色度信号。从图 11—45 可以看出,有用信号的频谱正好对着梳状滤波器的峰,串扰信号频谱正好对着滤波器的谷点。因此,串扰信号不能通过梳状滤波器,而有用信号可以通过。下表例举了 VT-427 录像机所用梳状滤波器主要技术指标。

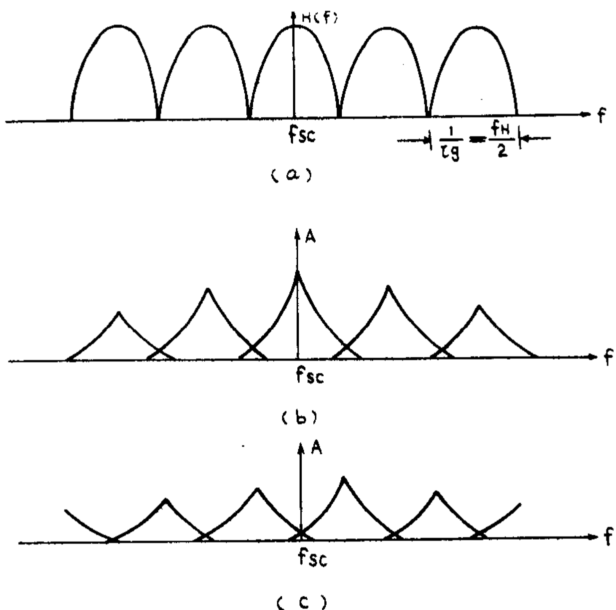


图 11—45　2H 梳状滤波器滤波特性

2H 延时梳状滤波器技术指标

①	标称频率	4.433619MHz
②	中心峰谷比	＞20dB
③	插入损耗	14±3dB
④	－3dB 带宽	±0.7MHz
⑤	有害反射	2τ＞20dB
		3τ＞26dB
		其它＞22dB
⑥	谷点频率飘移	＜±350Hz
⑦	匹配网络	R_1 270Ω
		R_2 1.2kΩ
		L_2 15μH
⑧	最大输入电压	$15V_{P-P}$

3. MESECAM 录/放电路

(1) SECAM 彩色信号记录方式

SECAM 彩色电视制式逐行依次传送调频色差信号(R-Y)、(B-Y)。和 PAL 制不同，它有两个色副载波：f_{OR}＝4.406MHz、f_{OB}＝4.25MHz。因此 SECAM 彩色电视制式的 VHS 录像机记录重放过程黑白信号的处理和 PAL 制基本相同。但是色度信号的处理和 PAL 制不同(参考图 11—46、图 11—48)。由图不难看出，VHS 方式 SECAM 制式的记录色度信号也是采用降低副载频的方法，将其安置在亮度信号频谱的低端，混合后记录在磁带上，所不同的是降频的方法和 PAL 制不同。它是采用分频法，不作逐行相位旋转处理。重放是记录的逆过程。亮、色分离后，色度信号用倍频法升频处理恢复 SECAM 信号。

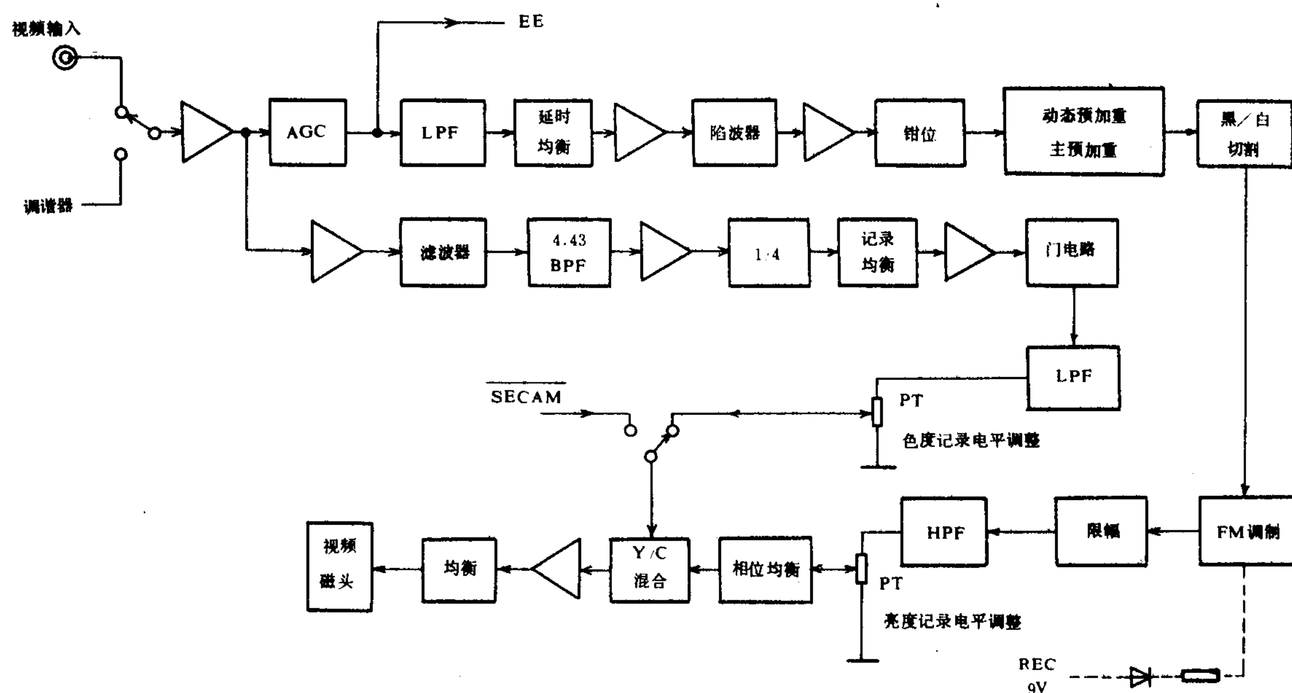


图 11—46 SECAM 方式视频记录电路方框图

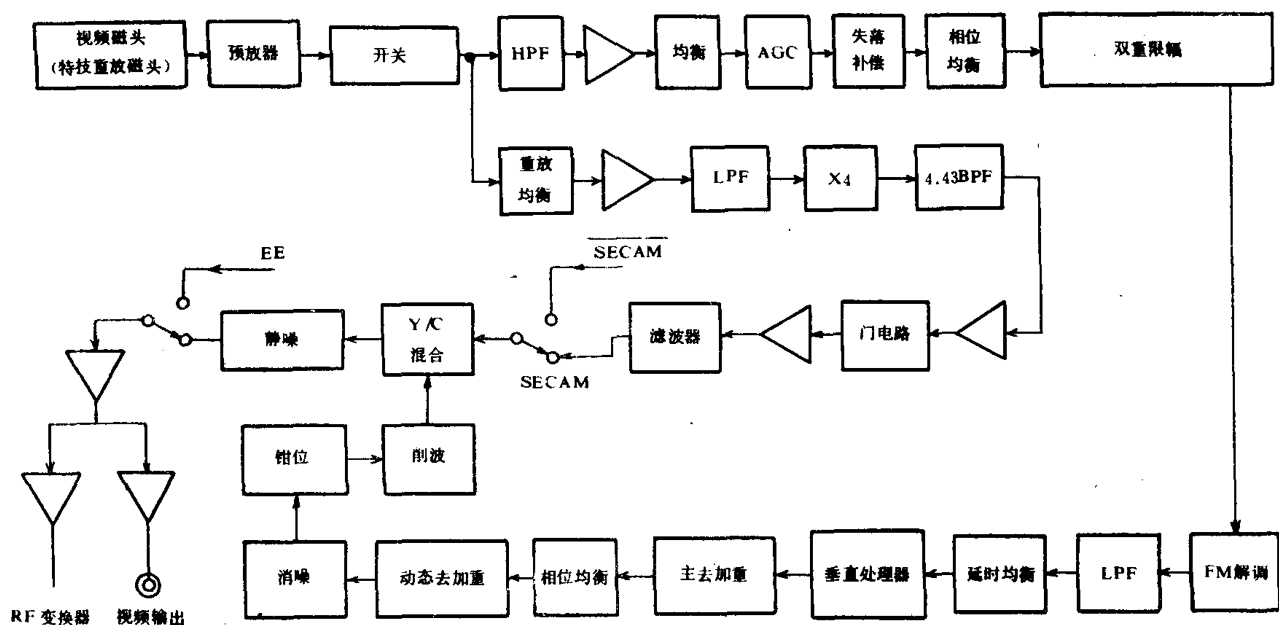


图 11—47　SECAM 方式视频重放电路方框图

(2) MESECAM 彩色信号记录方式

MESECAM 制采用了 VHS　PAL 制色度信号降频法来处理记录、重放 SECAM 信号。427E 录像机就是采用了这种方法,使录像机在不增加很多成本的情况下完成了 SECAM 电视信号的记录和重放功能。图 11—48 和图 11—49 分别是 PAL、MESECAM 兼容的记录和重放方框

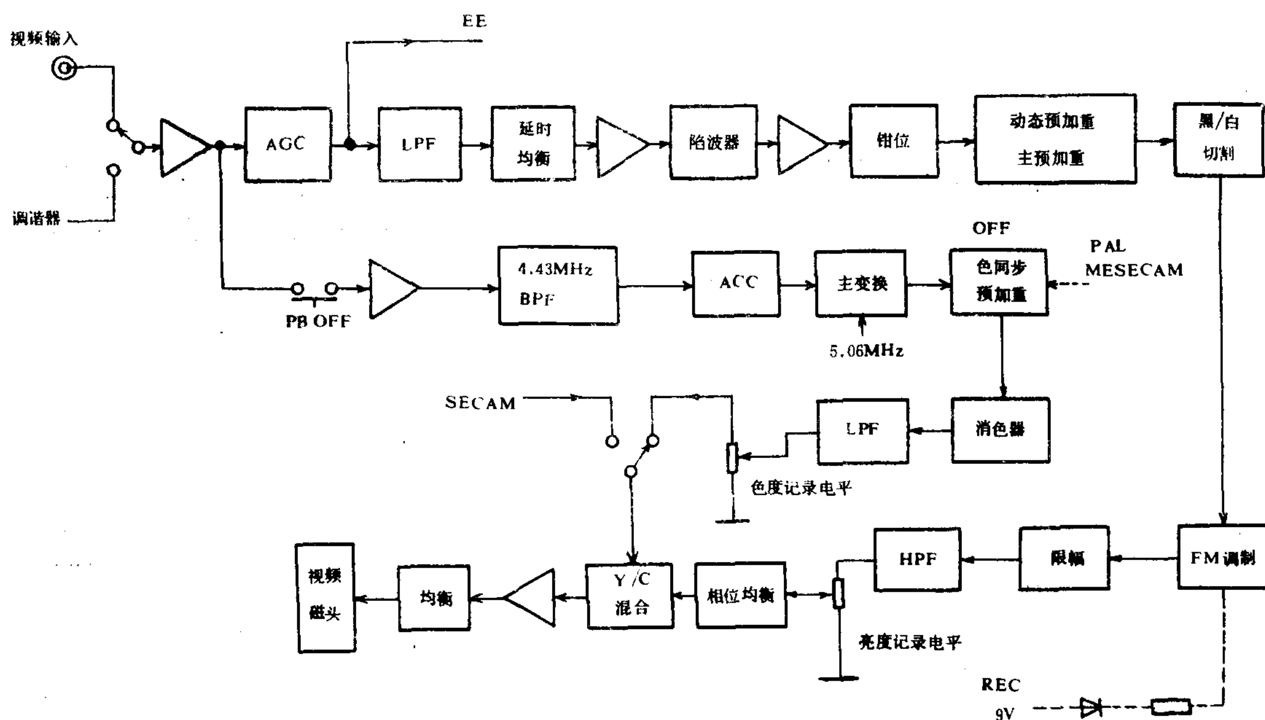


图 11—48　PAL　MESECAM 方式视频记录电路方框图

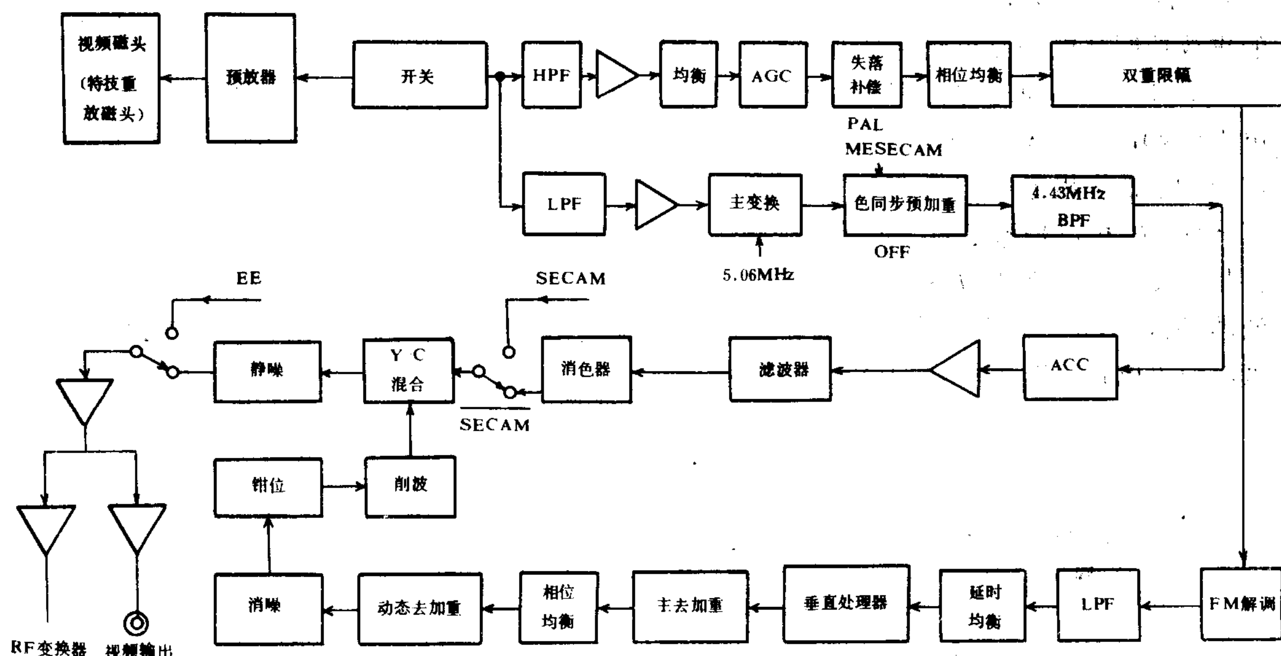


图 11—49 PAL MESECAM 方式视频重放电路方框图

图。需要指出的是 MESECAM 制色度信号在作降频(或升频)处理时不作相位旋转处理。VHS MESECAM 和 SECAM 是二种不同的记录制式,二者录制的磁带没有互换性。当然黑白信号是可以互换的。

(3) VT-427E 录像机的 MESECAM 录/放电路

427E 录像机是 PAL 制和 SECAM 电视制式自动识别、转换的机器,以 IC351(BL7025L)为中心完成 SECAM 信号的自动检测、识别。

① SECAM 自动检测原理。在记录状态,IC301③脚输出的 4.43MHz 色度信号在输给 CP304 带通滤波器的同时,通过 C351 耦合也同时输入 IC351①脚,IC301 内部产生的色同步选通脉冲由⑭脚输出 IC351⑤脚,IC351 用色同步选通脉冲取出色度信号的色同步头,并对它进行放大限幅处理(无论是 PAL 制或 SECAM 制都是如此),然后由接在 IC351⑦脚、⑨脚之间的陶瓷滤波器 CP351 滤波。CP351 是一个公称频率 f_0 为 4.5MHz,3dB 带宽为±60kHz 的带通滤波器,如果输入的是 PAL 制信号,其色同步信号 4.43MHz 每行都可以通过 CP351 到达 IC351⑨脚;如果输入的是 SECAM 制信号,因为其色同步载波信号是 $f_{OR}=4.41$MHz 和 $f_{OB}=4.25$MHz 依次逐行传送的。其中 f_{OR}能通过 CP351、而 f_{OB}不能通过。这样,到达 IC351⑨脚的色同步信号每二行只有一个,其包络信号频率为 $1/2f_H$,输入⑨脚的色同步信号在 IC351 内进行检波,检出 $1/2f_H$(SECAM 制式)或 f_H(PAL 制)的包络信号。调节 RT351 电位器可以改变包络检波的电平大小。该包络电平输往 IC351⑪脚,进入 $1/2f_H$ 选频放大器。其选频回路是由外电路的 L351=6.8MH,C352=0.068μF 组成的 1/2 行频并联谐振电路。SECAM 色同步信号检波后的 $1/2f_H$ 包络信号被放大,经由 IC351 内部的二个运算放大器做成二级比较器,信号被放大整形为直流 4V。C358、R355、R356 为积分电路。第一个比较器的类正弦波输出经积分电路积分保持,变成直流高电平使第二个比较器输入端始终为高电平。经运算放大器后,从 IC351⑯脚输出去控制 IC301 的制式转换。当信号为 PAL 制时,由于 1/2 行频谐振回路的作用,PAL 色同步

检波以后 f_H 包络信号被滤除，经过 IC351 内部比较器输出低电平，也从 16 脚输出 OV 去控制 IC301 的⑰脚。在重放状态，IC301⑱脚 4.43MHz 色度信号输入 IC351④脚，由 IC351②脚输入的重放控制高电平使集成电路内部的开关指向④脚输入，检测原理和记录时完全相同。

② IC301 色度信号处理集成电路的制式转换。IC351 将制式检测电平输给 IC301⑰脚，高电平(4V)时为 SECAM 制式，低电平时为 PAL 制式。在 SECAM 制式下，无论是记录、重放状态 IC301 内部移相电路恒为与门 1 启动，这样对 SECAM 色度信号进行频率变换的本振信号 5.06MHz的相位是衡定的。记录时降频以后的二个调频色度信号载波 634kHz、710kHz 的相位也是不变化的。在重放 SECAM 信号时，由于 SECAM 色度信号不需要进行邻近磁迹串扰消除处理，所以 IC301 内部转变开关的作用使重放 SECAM 信号不经过 2H 梳状滤波器，直接到达重放消色电路。图 11—50 为 SECAM 方式 IC301 的方框图。

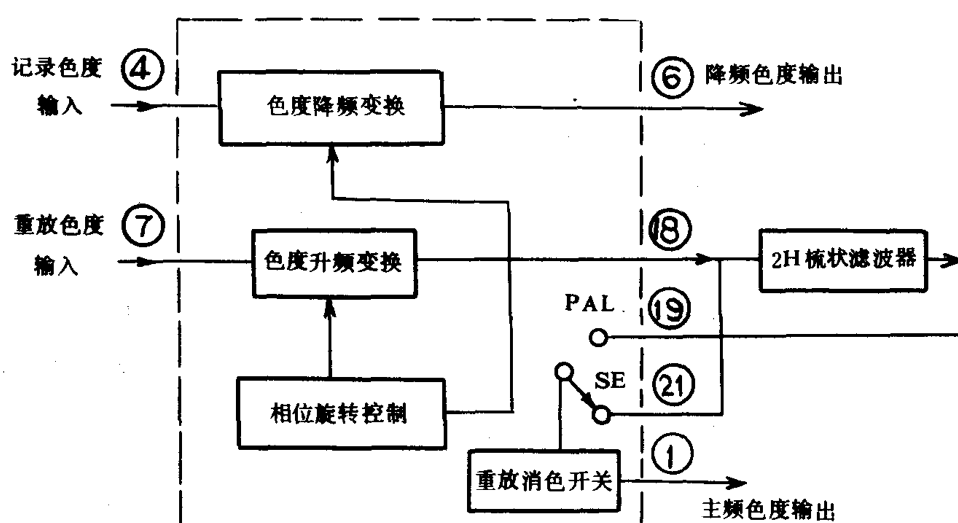


图 11—50 SECAM 状态 IC301 内部功能方框图

13.2.5 视频系统电路主要集成电路实用数据

1. 预放 IC1 HA118017

(1) 主要功能

① 重放状态：放大 CH1、CH2、CH3(特技)磁头拾取的信号($1mV_{p-p}$以下)，切换成连续的包络信号。

② 记录状态：亮度调频信号和降频色度信号混合、放大送磁头记录。

(2) 主要输入输出信号

① 状态转换信号：重放 5V；记录 9V；特技磁头转换信号。

② 输入信号：

重放状态：磁头拾取信号；25Hz 开关切换信号。

记录状态：调频亮度信号；降频色度信号。

记录增益控制信号；

复合同步信号。

③ 输出信号：

重放状态：FM 包络亮度色度混合信号。

记录状态：磁头记录信号。

HA118017 各引出脚功能和参数(见表 11—6)。

表 11—6　　HA118017 各引出脚功能和参数表

编号	在线电阻(kΩ)		主要功能	输出入	信号种类	信号电平(V)	主要去向
	正笔	负笔					
1	5.7	26	静放磁头切换控制	入	直流	静放≥2.5，重放≤0.5	伺服 IC602-①
2	5.3	6.1	25Hz 磁头切换开关脉冲	入	脉冲	CH2≥2.5，CH1≤0.5	伺服 IC601-㊽
3	4.5	7.5	重放 5V 电压	入	直流	5	IC202-⑲
4	13	39	特技重放 CH3 交流接地	出	直流	重放 2.7	C7 到地
5	5.4	7.5	特技重放 CH3 信号输入	入	调频＋色度	重放交流 0.2mV$_{P-P}$直流 0.6	CH3 磁头
6	13	38	重放 CH1 交流接地	出	直流	重放 2.7	C9 到地
7	5.5	7.5	重放 CH1 信号输入	入	调频＋色度	重放交流 0.2mV$_{P-P}$直流 0.6	CH1 磁头
8	0	0	地			0	接地
9	5.5	7.5	重放 CH2 信号输入	入	调频＋色度	重放交流 0.2mV$_{P-P}$直流 0.6	CH2 磁头
10	13	38	重放 CH2 交流接地	出	直流	重放 2.7	C10 到地
11	17	36	参考电压 1		直流	重放 3.7	C11 到地
12	5.5	5.5	参考电压 2		直流	重放 1.1	C12 到地
13	8.3	36	重放均衡反馈网络	出	调频＋色度	重放交流 0.1V$_{P-P}$直流 2	C13 到地
14	17.5	44	重放均衡反馈网络	出	调频＋色度	重放交流 0.1V$_{P-P}$直流 2	C14 到地
15	0	0	接地				接地
16	8.3	9	重放均衡反馈网络	出	调频＋色度	重放交流 0.3V$_{P-P}$直流 2	C15 到地
17	38	10	记录 AGC 反馈信号	入	调频＋色度	记录交流 150mV$_{P-P}$直流 3.6	R1
18	6.6	8.5	重放预放输出	出	调频＋色度	重放交流 0.3V$_{P-P}$直流 2	R21→IC201-① IC301-④
19	9	9	记录 AGC 检测网络	出	直流		
20	5	7	记录增益控制	入	直流	记录电流增强＞2.5 正常记录＜0.25	IC901-㊵
21	5.8	9.1	同步信号输入	入	脉冲	高电平＞4.0，低电平＜0.5	IC201-③
22	2.7	3.7	记录 9V 电压输入	入	直流	记录 9	IC204-⑩
23	38	10	记录亮度输入	入	调频	记录交流 300mV$_{P-P}$，直流 5.3	IC201—⑲
24	3.5	4.8	记录静噪控制	入	直流	记录 2.0 以下，禁止 4.5 以上	IC204—①→IC901-㊶
25	30	8.8	记录色度信号输入	入	调幅	记录交流 0.5V$_{P-P}$直流 5.3	IC301-⑥
26	0	0	走带速度 SP/LP 状态输入	入	直流	SP＞2.5，LP＜0.25	接地
27	13.5	6.8	记录信号输出	出	调频＋色度	记录交流 3.5V$_{P-P}$直流 4.1	Q5、Q2，CH1、CH2
28	0.3	0.3	记录推挽放大	出	调频＋色度	记录交流 3.5V$_{P-P}$直流 3.2	Q5、Q2，CH1、CH2

2. IC201　HT4847F

（1）主要功能

亮度信号处理中心：

① 重放状态：将磁头放大器送来的调频信号进行 AGC 放大、相位均衡、限幅和解调、去加重、消噪处理后同重放色度信号混合成全电视信号输出。

② 记录状态：将视频信号进衔 AGC 放大、分离出亮度部分，再进行钳位、预加重、白切割、频率调制处理送磁头放大电路。

③ 同步分离：从全电视信号中分离出复合同步信号，送 IC301 色度电路、IC601 伺服电路、IC1 磁头放大电路。

（2）主要输入输出信号

① 状态转换信号：重放 5V。

② 输入信号：

IC201⑳脚　重放 FM 调频信号；

IC201①脚　记录全电视信号。

③ 输出信号：

IC201⑪脚：重放和 E-E 状态全电视信号；

IC201⑲脚：记录亮度调频信号；

IC201③脚：复合同步信号。

HT4847F 各引出脚功能和参数见表 11—7。

表 11—7　HT4847F 各引出脚功能和参数表

引脚编号	在线电阻(kΩ)		主要功能	输出入	信号种类	信号电平			主要去向
	正笔	负笔				状态	直流(V)	交流(V_{P-P})	
1	37	8.9	记录视频信号入	入	全电视信号	录	3.3	1	IC1501-4
2	6.7	7.6	AGC 检测			录/放	0.4/2.4		
3	6.2	8.2	复合同步输出	出	同步脉冲	录/放	0.4/0.4	3.7	IC301-⑯ IC601-㉑，IC1-㊿
4	6	7.2	空						
5	2.9	2.9	重放 4.43MHz 色信号输入	入	色度 4.43MHz 信号	重放	3.3	300m	IC301-⑥
6	50Ω R×10	50Ω R×10	5V 电源	入	直流		5		IC851-①
7	14	7.1	亮度信号录放输入	入	视频亮度	录/放	3.1	0.3	IC202-①
8	2	2	重放亮度、E-E 全电视信号	出	视频	重放	3.2	1.0	IC202-⑨
9	8.4	7	重放亮度、E-E 全电视信号	入	视频	重放	3.8	1.0	IC202-⑩
10	3.3	3.3	SP 预加重控制	入	直流	录放	5		
11	6.1	∞	重放和 E-E 视频全电视信号	出	全电视信号	重放	2.3	2	视频输出插座射频变换 IC1-②
12	1.4	1.4	重放状态转换控制	入	直流	重放	5		IC202-②
13	1.1	1	重放静噪			重放	3		R222→地

续表

引脚编号	在线电阻(kΩ)		主要功能	输出入	信号种类	信号电平			主要去向
	正笔	负笔				状态	直流(V)	交流(V_{P-P})	
14	50Ω R×10	50Ω R×10	5V 电源	入	直流		5		IC851-①
15	0	0	空				0		
16	6	7.2	1. 重放静噪控制 2. 垂直场同步模拟 3. 失落检测	入/出	直流		4		IC202-⑳
17	1	1							
18	0.5	0.5							
19	3	3	记录亮度调频信号	出	FM 调频信号	记录		0.55	IC1-㉓
20	2	1.9	重放亮度调频信号	入	FM 包络信号	重放		0.6	IC1-⑱
21	0	0	接地				0		接地
22	∞	∞	空				0		
23	1.1	1.1	低通				2.5		C231→地
24	1.6	1.6	记录、重放亮度信号	出	视频亮度信号	录放	2.8	0.5	IC204-⑦
25	3.2	3	低通				1.9		C232→地
26	33	8.6	录放亮度信号	入	视频亮度	录放	2.4	0.3	CP205
27	6.1	∞	录放亮度信号	出	视频亮度	录放	2.4	0.3	CP205
28	6.8	72	AGC 检测						C235→地

3. IC301 HES8455E

(1) 主要功能

色度信号处理中心。

① 重放状态：将前置放大送来的 627kHz 色度信号放大、升频，伪时基校正还原成 4.43MHz 色度信号。

② 记录状态：从全电视信号中取出 4.43MHz 色度信号进行 ACC 放大、降频、PS 处理送磁头放大电路。

③ 产生 4.43MHz 时钟振荡，供伺服电路、亮度电路。

(2) 主要输入输出信号

① 状态转换信号：

录放状态转换：IC301⑳脚：重放 5V

PAL、SECAM 制式转换：IC301⑰脚：SECAM 5V

② 输入信号：

IC301⑦脚：重放色度 627kHz 信号；

IC301④脚：记录色度 4.43MHz 信号；

IC301⑮脚：25Hz 开关脉冲信号；

IC301⑯脚：复合同步脉冲信号。

③ 输出信号：

IC301①脚：重放 4.43MHz 色度信号；

IC301⑥脚：记录 627kHz 色度信号；

IC301⑬脚：4.43MHz 晶体振荡器输出；

IC301⑭脚：色同步选通脉冲。

HES8455 各引出脚功能和参数见表 11—8。

表 11—8　　HES8455E 各引出脚功能和参数表

引脚编号	在线电阻（kΩ）		主要功能	输出入	信号种类	信号电平			主要去向
	正笔	负笔				状态	直流（V）	交流（V_{P-P}）	
1	1.8	1.8	重放色度 4.43MHz 信号	出	全电视信号	重放	3.4	550m	IC201-⑤
2	0.2	0.2	录放 4.43MHz 色度信号	入	色度信号	录放	0	110m	CP304 带通滤波器
3	∞	∞	录放 4.43MHz 色度信号	出	色度信号	录放	0	0.5	CP304 带通滤波器
4	36	0.1	记录视频输入信号	入	全电视信号	记录	3.2	1.5	IC1501-④
5	0.1	0.1	电源 5V	入	直流		5		IC851-①
6	2.2	2.2	记录 627kHz 色度信号	出	627kHz 色度信号	记录	0	550m	IC1-㉕
7	0.3	0.3	重放 627kHz 色度信号	入	627kHz 色度信号	重放	0	60m	IC1-⑱
8	0	0	地				0		接地
9	6	7.1	特技重放控制输入	入	直流		0		IC901-②
10	10.5	6.3	LP 控制	入	直流	SP	0		空
11	1.2	1.2	APC 检测滤波网络	入	直流		0		QR302
12	6.5	7.6	消色检测控制输入	入	直流	自动位	1.6		S1501
13	7	49	4.43MHz 时钟频率	出	正弦波	录放	1.5	700m	IC601-⑧ IC203-⑭
14	6.1	7.8	色同步选通脉冲	出	脉冲	录放	5	5	I351-⑤
15	14	9.5	25Hz 磁头切换脉冲	入	脉冲	录放	2.3	5	IC601-㊽
16	5.8	9.5	复合同步信号	入	脉冲	录放	0.3	4.8	IC201-③
17	7.5	8	SECAM 制式控制	入	直流	录放	0		PAC 制为 0　SECAM5V IC351-⑯
18	2	2	重放 4.43MHz 色度信号	出	色度信号	重放	0	800m	CP301
19	0	0	重放 4.43MHz 色度信号	入	色度信号	重放	0	150m	CP301
20	1.4	1.4	状态转换控制	入	直流	重放	5		IC202-②
21	19	7.5	SECAM 制式色度信号	入		重放	0	200m	
22	3	3.1	SP 控制	入	直流	录放	4.9		

11.3 VT—427E的音频系统

427E录像机音频系统由音频录放磁头、全消磁头、录/放转换开关集成电路IC401(BA7755)、录/放集成电路IC402(BA7751LS)及其外围电路和偏磁振荡器组成。它采用交流偏磁记录，其中音频录放磁头同控制磁头做成复合音控磁头和全消磁头都安装在机心走带通道上，电路极大部分元件都装在主印刷板上，电原理图如图11—51。

1. 音频记录电路

427E记录电路基本原理和录音机相同，主要由录音电平自动控制放大(ALC)电路、录音均衡放大器、偏磁振荡器、磁头录放转换电路及输入选择电路组成。由于427E具有静放、搜索等特技重放功能，所以需要音频通路有静噪(MUTE)功能，这点是一般录音机没有的。

427E音频记录信号和视频一样，有二种输入选择：—8dBs线路输入和由天线接收的高频电视节目经解调后的音频信号。它们由集成电路IC1502(M5201L)作为电子开关来选择，此开关受系统控制微处理机IC901的控制，选择二种输入信号的一种。M5201L是带有控制端和运算放大器的开关电路，具有低噪声、低失真等特点。本机使用M5201L的⑦脚、②脚分别输入线路、电视音频信号，⑤脚为信号输出端，①脚为控制端。微机IC901㊹脚的线路/调谐器(LINE/$\overline{\text{TUNER}}$)的控制信号经QR1501反相后接入IC1502①脚。此脚为高电平时选择来自调谐器的音频信号。它经由C1507、C419输入IC402⑧脚。信号分二路，一路送ALC自动检测电路；一路送ALC线路放大器，以获得适中的记录激励电平。在大信号输入时不至于引起显著的失真，而在弱信号输入时，又有足够的录音灵敏度。放大后的音频信号再分二路：一路进入缓冲放大后由IC402⑯脚输出作为E-E监听信号；另一路主信号输入记录均衡放大器，按照VHS音频记录特性提升高频分量。IC402㉑脚接的L402、C415及R411是高频提升网络，然后由⑲脚输出和偏磁信号混合，送至音频磁头进行记录。

Q401和T401组成20kHz左右的偏磁振荡器。振荡器采用初次级变压器耦合输出形式供给三个负载：全消磁头、录音磁头和音频消磁头。三者所需的交流偏磁电压不同。Q401振荡器只有在记录状态才工作，通过微处理器输出的记录高电平使QR401、Q402导通，以接入振荡管Q401的直流供电，使该电路记录时起振，产生交流偏磁电压。音频偏磁电平可以用RT401来调整，用以兼顾记录电流大小、失真和频响。

音频录放系统状态的转换由微处理机IC901⑤脚输出记录高电平，输入IC402⑳脚，控制集成电路内部状态开关的转换。同时，IC402⑰脚又接力输出记录高电平控制IC401磁头开关的转换。在记录状态，IC401②脚开路，记录电流输入音频磁头，经磁头后由开关二极管D401、D402接地形成回路。重放状态时，IC401②脚接地，因音频磁头拾取的信号很小，开关管D401、D402不导通，信号输入IC402①脚，完成音频磁头录放状态的转换。

2. 音频重放电路

音频重放是录音的逆过程。音频磁头从磁带上拾取的音频信号极微弱，从IC402①脚输入放音均衡电路，以补偿低频而获得一个平坦的录放综合特性，满足20Hz～12kHz的频响要求。在IC402③、⑦脚外电路接有由C405、C406、C450、R403、R407组成的放音补偿电路，用以补偿放大后的音频信号。从⑦脚输出经放音电平调整电位器RT402，再以⑨脚输入线性放大器，然后经缓冲放大器放大后，从⑯脚输出，分别送到音频线路输出插座和射频变换的音频输入口。注意，放音电平调整电位器也接入了放音频率补偿电路。放音电平调整一定要在音控磁头高

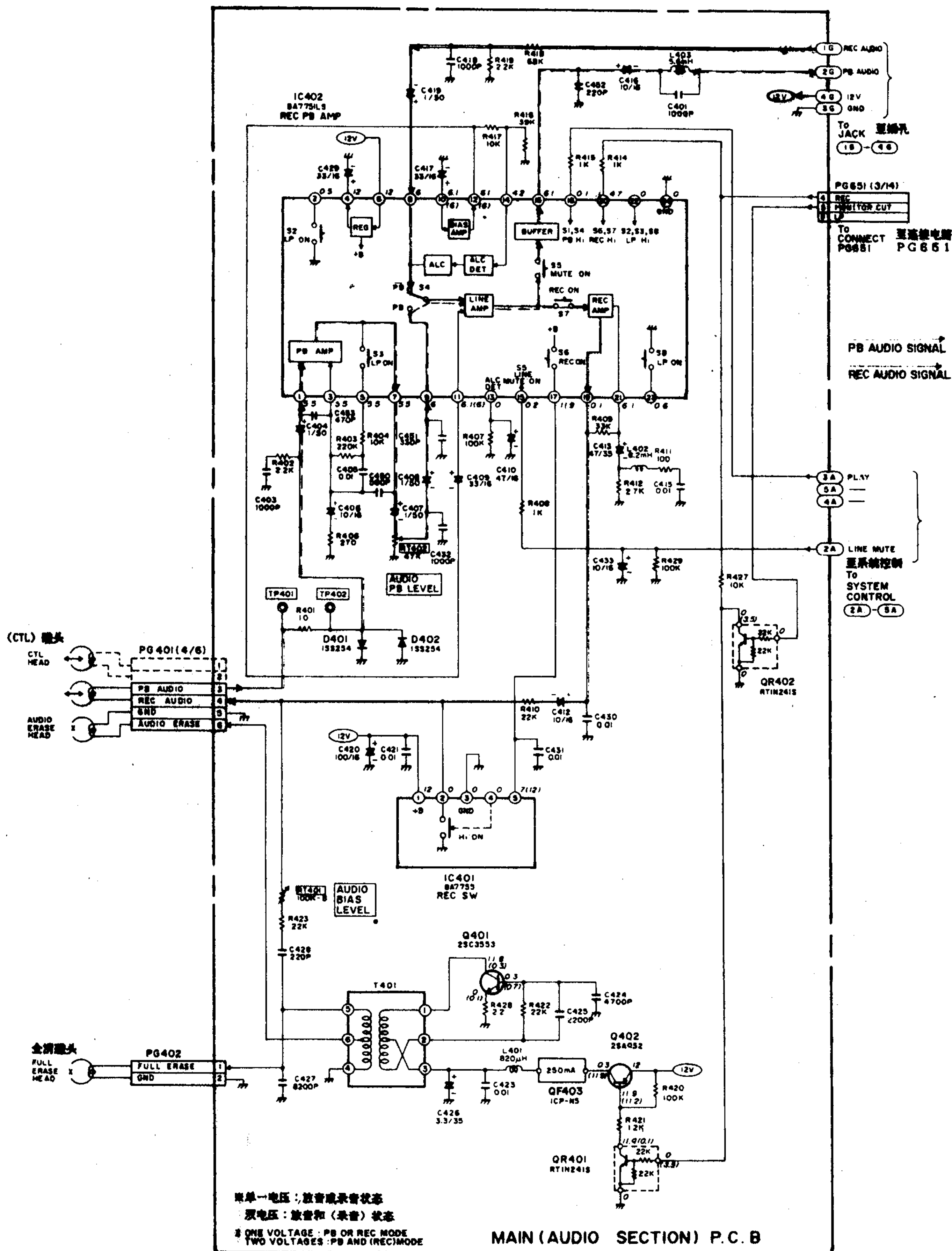


图 11—51 音频录放电路原理图

度、方位角调整以后才能进行。

IC402 BA7751 各引出脚功能和参数见表 11—9。

表 11—9 BA7751LS 各引出脚功能和参数表

编号	在线电阻(kΩ)		主要功能	输出入	直流参考电压(V)	交流信号电平伏特	主要去向
	正笔	负笔					
1	6.2	30	音频磁头重放信号输入	入	重放 4.9/其他 5.2	很小淹没在噪声中	音频磁头
2	5.6	∞	LP 频率特性转换		0	0	空
3	6.8	∞	接放音均衡网络,补偿低频	入	5	同①	R.C 网络
4	6.2	7.2	稳压滤波	出	12	0	交流接地
5	6.2	∞	接放音均衡网络,补偿低频		5.5	同①	R.C. 网络
6	0.4	0.4	12V 电源	入	12	0	12V 电源
7	6.2	8.8	重放音频电平输出调整	出	5.5	同①	R.C 网络
8	7.8	8.5	记录音频信号	入	重放 5.5/录 6	录 0.1V_{P-P}	IC1502—⑥
9	6.8	8.2	重放音频线性放大器输入	入	放 5.5/录 6	0	RT402
10	7.0	7.5	偏置		6	0	交流接地
11	6.8	7.7	偏置控制	入	6	0	IC402-⑫
12	6.0	8.0	偏置		6	0	IC402-⑪
13	6.5	7.8	ALC 检测		0	0	交流接地
14	6.4	27.0	记录音频 ALC 控制	出	5	0	IC402—⑪
15	6.5	7.4	音频静噪控制	入	平时 0/静噪 5	0	IC901-⑲
16	6.0	40.0	重放音频	出	6	放 1V_{P-P}/录 2.8V_{P-P}	音频输出,射频变换器音频入
17	6.5	7.0	音频磁头录放控制	出	放 7.5/录 12	0	IC401-⑤
18	6.5	7.2	重放状态控制指令	入	放 5/录 0	0	IC901-④
19	6.0	60.0	记录状态音频信出	出	6	放 0.04/录 2V_{P-P}	音频磁头
20	6.0	7.5	记录状态控制指令	入	放/录 5	0	IC901-⑤
21	7.0	8.5	记录高频提升网络		6	/录 0.2V_{P-P}	L.R.C 网络
22	7.0	∞	SP/LP 方式指令控制	入	0	0	空头
23	5.6	∞	LP 频率特性转换		0	0	空头
24	0	0	接地		0	0	接地

11.4 VT—427E 的伺服系统

11.4.1 概述

1. 伺服系统的作用与组成

427E 伺服系统包括三个部分：

① 磁鼓伺服系统；

② 主导轴伺服系统；

③ 张力调节机构。

其中张力调节机构是纯机械反馈控制，故有的不列入伺服系统。它较为直观，将放在机械系统部分介绍。这里主要讲述磁鼓伺服和主导轴伺服电路以及和伺服电路有关的一些内容。

427E 伺服系统的基本组成和主要电路功能如图 11—52、图 11—53 所示。我们知道，分析伺服系统的工作原理，搞清其各种状态下的比较信号和标准信号是非常重要的。表 11—10 列出了 427E 在各种状态下的比较信号和标准信号。

表 11—10　427E 伺服系统各种状态的标准信号和比较信号

电机	相位/速度	工作状态	标准信号	比较信号
磁鼓	相位	录像	1/2 场同步	转速脉冲
		放像	REF25Hz	
	速度	录像/放像	磁鼓 FG(CYL FG：300Hz)	
主导轴	相位	录像	REF21Hz	主导轴 FG(CFG 21 21Hz)
		放像	REF25"Hz	控制脉冲(CTL 25)
	速度	录像/放像	主导轴 FG(SP：1515Hz，LP：757Hz)	

其各信号的来源和作用如下：

1/2 场同步(1/2V. SYNC)：从输入的视频信号中分离出场同步信号，经二分频得到，作为记录方式磁鼓相位伺服的标准信号。

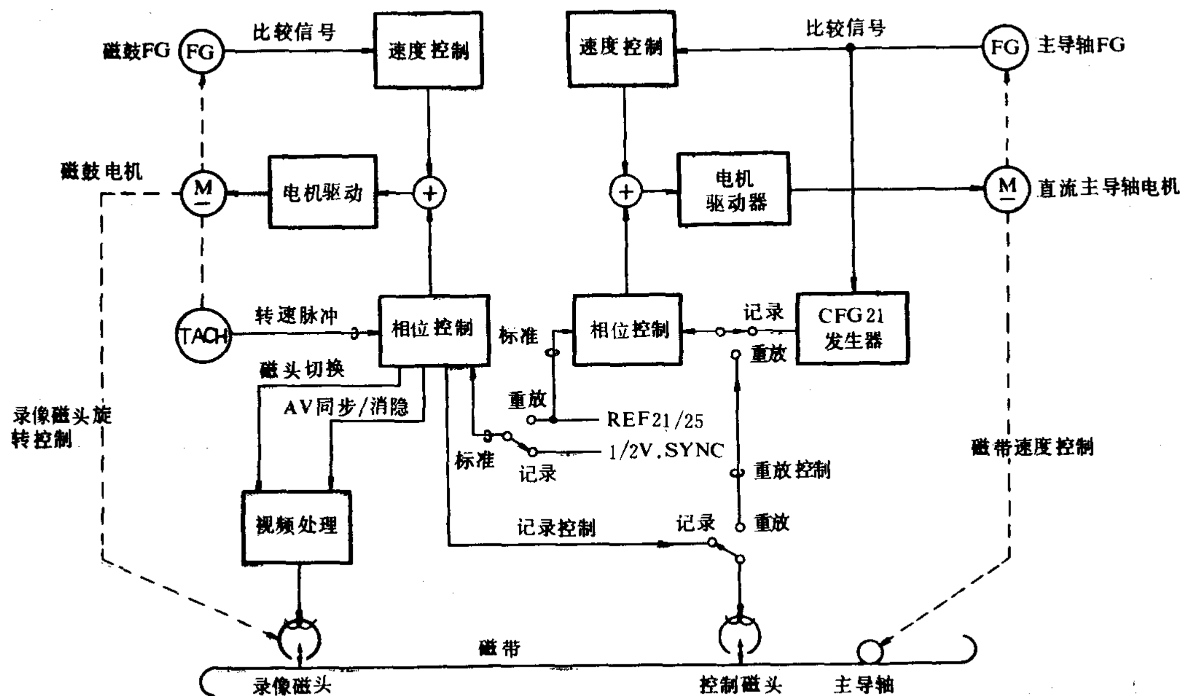


图 11—52　伺服系统组成

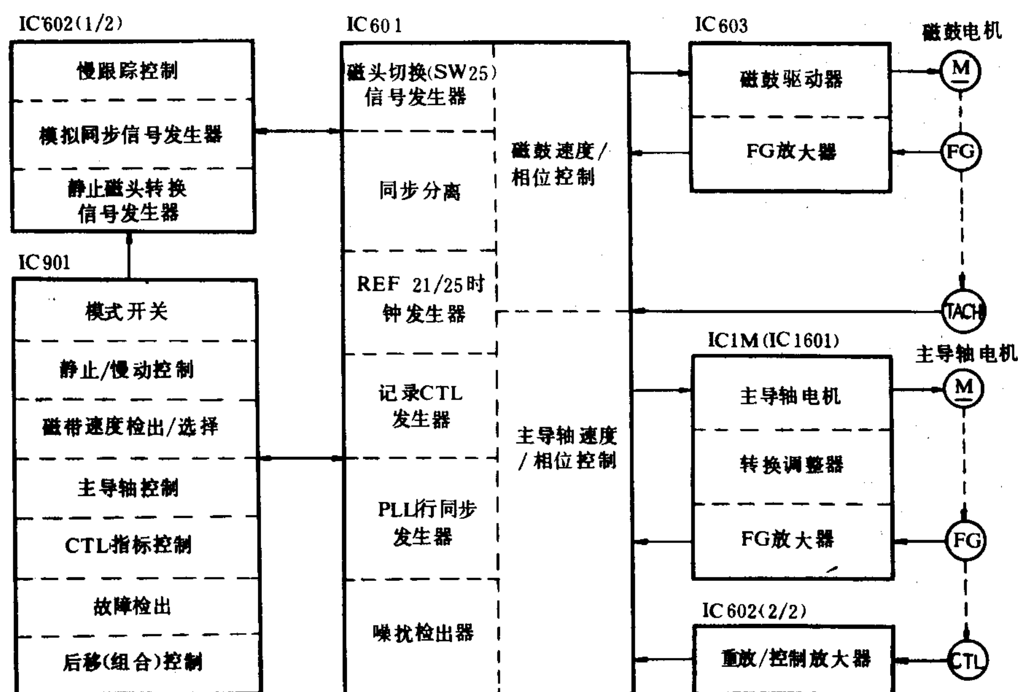


图 11—53 伺服系统主要电路功能

标准 21/25：记录时 21Hz；重放时 25Hz。由色度处理电路晶体振荡器来的 4.43MHz 信号用不同的分频比分频而得。21Hz 作为记录主导伺服的标准信号，25Hz 作为重放状态鼓和主导伺服的标准信号。

转速脉冲(TACH)：装在磁鼓电机定子上的磁性传感器(霍尔 IC 电路)检测电机转子的旋转位置信号。电机转一圈产生一个转速脉冲。正常速度记录状态时转速脉冲是 25Hz，作为鼓相位伺服比较信号。

磁鼓 FG 脉冲，为在磁鼓电机定子上的另一种磁性传感器(电感线圈)产生反映磁鼓电机旋转速度的脉冲信号。在正常速度记录状态，磁鼓 FG 脉冲的频率是 300Hz，是鼓速度伺服环的比较信号。

主导轴电机 C・FG 脉冲：主导轴重放状态速度和相位环路用的比较信号，由装在主导轴电机上的 FG 检测头(磁敏电阻)产生，当磁带维持额定速度时，它的频率如表 11—11 所示。

表 11—11　　主导轴 FG 的频率

状态 / 磁带速度	录像/放像 (Hz)	常速寻像 IC601 第①脚：(高)	快速寻像 IC601 第①脚：(低)
SP	1515	4545(×3)	7575(×5)
LP	757	4545(×6)	6817(×9)
		不使用	使用

主导轴 21HzFG 脉冲：在记录时作为相位比较信号用。427E 将 C・FG 信号 72 分频产生 21HzFG 脉冲，用于记录状态下的主导轴相位伺服。

控制脉冲(CTL)：重放状态用作主导轴相位环路的比较信号。在记录状态，磁鼓相位伺服控制用的标准信号 1/2V・SYNC 经整形记录在磁带边缘的控制磁迹上。重放时用 CTL 控制磁

头拾取作为相位比较信号。因此 CTL 信号和视频磁迹有固定的位置关系。CTL 在正常走带速度时为 25Hz，搜索时 125Hz。

磁鼓伺服电路工作过程参见图 11—53(a)。

记录状态，磁鼓旋转时由鼓 FG 和 TACH 检测器分别产生鼓 FG 信号和 TACH 信号，FG 比较信号送至鼓速度误差检测器(它的标准值是 1500r/min)，产生速度误差信号。TACH 比较信号送至鼓相位误差检测器和 1/2V·SYNC 比较，产生相位误差信号。它和速度误差信号叠加后去调整电机的运转。记录鼓伺服电路使视频磁头的旋转与输入信号同步。鼓伺服电路还产生记录控制信号和 25Hz 磁头转换开关信号。

重放状态：作为磁鼓旋转的标准信号是本机内部的 4.43MHz 晶振信号，经分频后变为 25Hz，这是重放磁鼓伺服的基准。这一点和记录不同。

主导轴伺服电路的工作过程和磁鼓伺服的原理类同。

2. 427E 伺服电路的特点

427E 是三电机机心，主导轴电机除在重放状态下牵引磁带前进外，它还作为在快进、倒带状态，收、供带盘以及带盒仓上下的驱动部件。在这些情况下，主导轴电机的运行不需要很精确，它的工作状态和记录、重放不同。此时伺服电路不起作用。此外在慢放、帧进工作状态，主导轴电机处于间歇工作状态。这时主导轴电机的运行状态也有其特殊性。表11—12 概述了427E 各种工作状态下伺服电路的动作。读者要特别注意在快进、倒绕、去除磁带松弛的工作状态(指磁带盒仓升、降，磁带的加带和卸带过程中供带盘的驱动)。主导电机直接受控制系统 IC 901微处理机的控制。慢放和帧进时，主导轴电机的间歇驱动也是受 IC 901微处理机的控制。

表 11—12　　427E 各种工作状态伺服电路的动作

控制系统 / 动作状态		磁鼓伺服		主动轮伺服		备考
		速度控制	相位控制	速度控制	相位控制	
停止		停止	停止	停止	停止	
记录/重放	启动	在第⑦脚接受“CYL ON：LO”而启动	磁鼓达到额定速度时开动	磁鼓达到额定速度时启动	磁带达到额定速度时启动	
	记录	将速度调整为 1500 转/分	使录像磁头和 1/2 场同步完全同步	调整 SP 或 LP 用的磁带速度	使 CFG 21 和 REF 21 完全同步	
	重放		使录像磁头和 REF25 完全同步		使 CTL 和REF25 完全同步 (REF25 的相位可以移动)	
记录暂停	反向重放	将速度调整为 1500 转/分	使录像磁头和 REF25 完全同步			录像暂停被解除后有约 1.5s 的跟踪期间，重叠期间在 16.6ms 以内。进入了重叠期间后录像期间增加约 5 至 15s。
	停止	和重放状态时相同	使录像磁头和 REF25 完全同	停止	停止	
	组合	和重放状态时相同	使录像磁头和 1/2 场同步完全同步	和重放状态时相同	使 CTL 和外部 1/2 V. SYNC 完全同步	
	录象开动	和记录状态时相同	和记录状态时相同	和记录状态时相同	设定了 CFG21 和 REF21 后和记录时相同	

续表

控制系统 / 动作状态	磁鼓伺服		主动轮伺服		备考
	速度控制	相位控制	速度控制	相位控制	
停止	停止	停止	停止	停止	
静止	将速度控制为 1494 转/分	使录像磁头和 REF25 完全同步	停止 •	停止	
慢动/进帧	将速度控制为 1494 转/分	使录像磁头和 REF25 完全同步	主导轴电机以 1/5-1/30 的速度受脉冲驱动	使磁带开动/停止动作和 SW25 和 CTL 完全同步	主导轴电机速度/相位系统控制微信息处理机的控制
向前搜索	将速度控制为 1530 转/分	使录像磁头和 REF 25 完全同步	将磁带速度控制为 5 倍(SP)或 9 倍(LP)	和重放时相同	
向后搜索	将速度控制为 1458 转/分	使录像磁头和 REF25 完全同步	和向前搜索模式时相同,但磁带反向运行	和重放时相同	
去除磁带松弛	停止	停止	停止	停止	主导轴电机的速度受系统控制微信息处理机的调整
快进/倒绕	停止	停止	停止	停止	主导轴电机的速度受系统控制微信息处理机的调整

磁鼓和主导轴伺服电路的大部分电路都装在新型的 64 引脚集成电路 HD49716NT 内,包括重放和记录状态的速度比较环和相位比较环。状态的转换也在 IC601 内。它受控制系统的控制。其它电路包括 IC602(M54845)特技重放伺服处理、IC603(HA13403)磁鼓电机驱动、IC1601(M54680FP)主导轴电机驱动和微处理机 IC901(HD614088SB44)。伺服电路的电路组成如图 11—53(a)。

427E 采用数字伺服电路,用色度信号电路的 4.43MHz 频率作为母时钟信号,采用数字计数器来检出速度和相位误差,并用此误差信号去控制脉宽调制器(PWM)输出信号的占空比。PWM 波通过低通滤波器变成电压误差信号去调整电机的运转。和以前模拟伺服比较,数字伺服电路具有性能稳定、调试点少、便于集成化等优点。

427E 伺服电路的启动迅速,且按一定的时序启动各个环路。在磁鼓开始旋转,而转速还没有达到期望转速的 70%时,磁鼓相位环路和主导轴伺服是开路的,使鼓速在加速阶段不会受到相位环路的影响,同时在主导轴电机上加上最高驱动电压,以使缩短过渡时间。在鼓转速达到 70%以后,上述电路才起作用。

427E 伺服电路还具有静放噪声检测功能,控制电机间歇停止的位置,实现无噪声带静像、慢放功能。

伺服系统使用三相直接驱动式直流电机。

11.4.2 磁鼓伺服电路

1. 磁鼓速度控制电路

磁鼓速度控制电路构成如图 11—54 所示。图 11—55 是鼓速度检测器时序图。

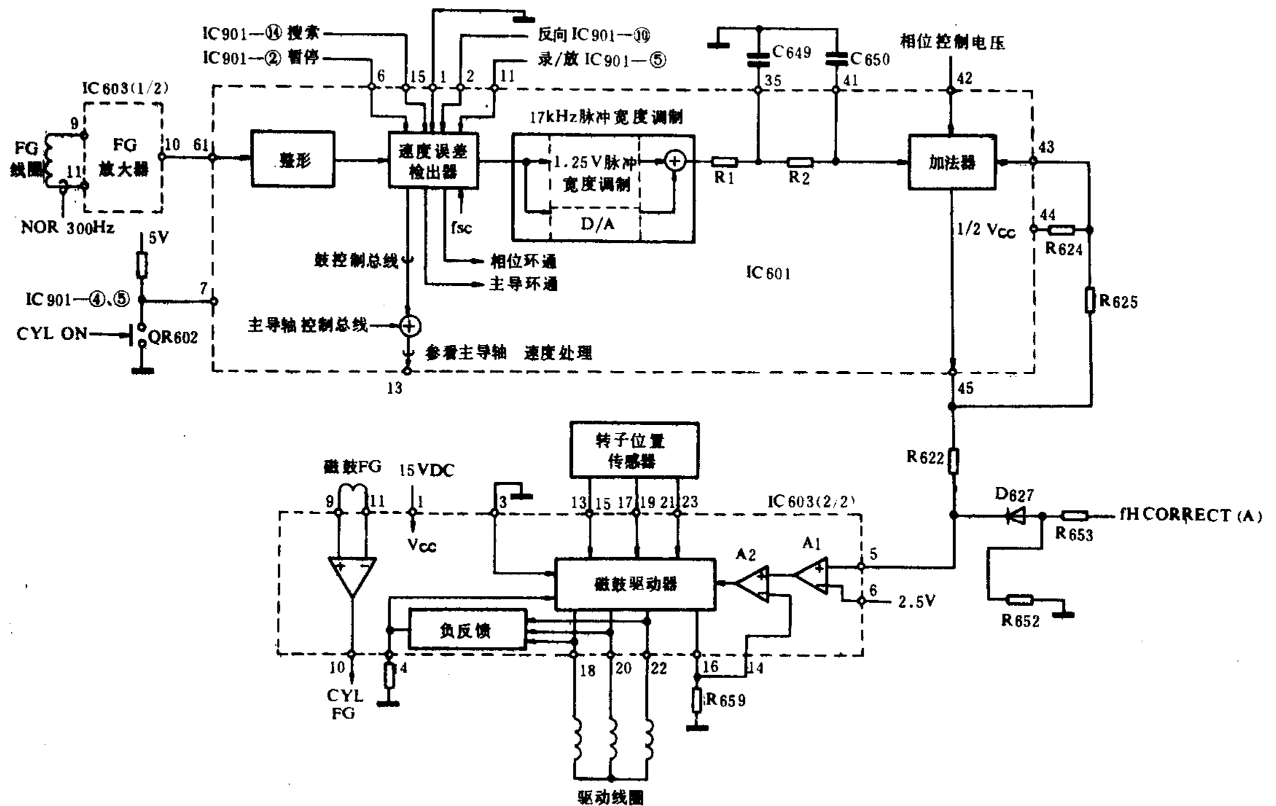


图 11—54 磁鼓速度控制电路构成

磁鼓速度控制电路的主要部分在伺服集成电路 IC601 中。它的作用是维持标准记录和重放状态时鼓的转速为1500转/分(25Hz),在静放、正搜索和反搜索工作状态时鼓的转速作适量的调整,使之分别成为 1494 转/分、1530 转/分和 1458 转/分,同时在伺服电路启动的非稳态过程中截止磁鼓相位环和主导伺服环路的工作,使鼓和主导电机尽快加速。鼓速度控制电路由鼓 FG 检测器、速度误差检出电路、脉冲宽度调制器(PWM)和低通滤波器组成。

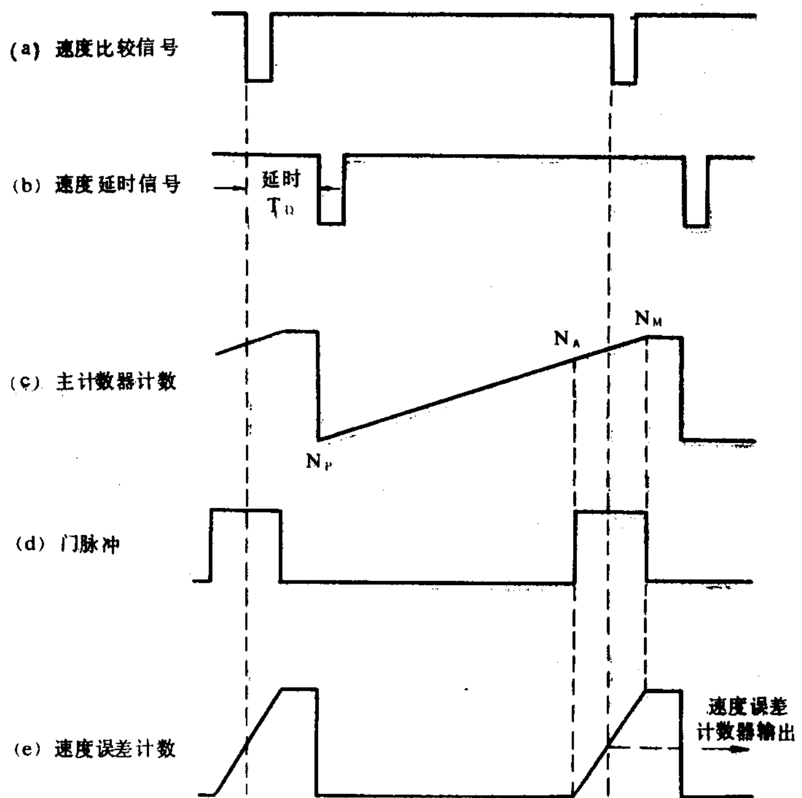


图 11—55 磁鼓速度误差检测时序图

(1) 鼓 FG 脉冲

鼓 FG 脉冲是速度控制

电路的输入比较信号，它反映了鼓旋转的实际速度。FG 发生器装在鼓电机里面，它的输出加到 IC603⑨、⑪两脚，经运算放大器放大由⑩脚输给 IC601⑥脚，在 IC601 内进一步放大整形成规则的窄脉冲信号，送入速度误差检测器。

（2） 鼓速度误差检测器

鼓速度误差检测器实质上是一套按一定时序工作的脉冲计数系统。它的时钟工作频率 f_s ＝277.1kHz，是由输入 IC601⑧脚的晶振 4.43MHz 经 16 分频后得到的。其工作过程如图 11—55 时序图所示。速度误差检测的输入信号鼓 FG 在标准录/放状态下为 300Hz，如图中波形(a)所示。波形(a)经延时预置计数器延时 $T_D(T_D=N_P/f_s)$，由触发电路产生延时触发脉冲(b)。(b)脉冲复位主计数器，使它开始计数时钟脉冲个数，计数值和时间成线性关系，如波形(c)。当计数器从 N_P 数到 N_A 时，主计数器触发一个门脉冲电路，产生门脉冲(d)。它的宽度为 $\tau=\frac{N_A-N_M}{f_s}$。此门脉冲的上升沿触发误差计数器，开始计数。在门脉冲为高电平期间，计数器数完 10bit(2^{10})，$N_M-N_A=1024$ 个时钟脉冲，并保持这个数值直到下一个延时复位脉冲的到来。计数器的计数值和时间的关系如图 11—57(e)。鼓 FG 脉冲在正常情况下应该落在误差计数值的斜坡上，它启动锁存器，将该时刻的脉冲计数器保存在锁存器内，作为速度误差检测器的误差输出信号。若鼓 FG 为正确的标称频率 300Hz，速度误差检测器的输出是 512，若电机转速高于 1500 转/分，计数值小于 512，位于 0～512 之间；若电机转速小于 1500 转/分，计数值取 512～1024 之间的数值。

延时预置计数器的延时时间 T_D 在设计时是可以改变的。设计不同的 N_P 值，就得到不同的延时时间($T_D=N_P/f_s$ 值)，也就改变了门脉冲产生的时间，处于 10bit 误差计数中心值 512 所对应 FG 脉冲的标准频率也就改变。427E 通过 IC601②、⑥、⑪、⑮脚 4 根输入线从 IC901 把机器的工作状态（暂停、搜索、录/放等）输入 IC601 的速度误差检测器，使它取不同的延时预置值 N_P，控制在不同工作状态下鼓的转速。427E 在录/放状态下鼓 FG 脉冲为 300Hz，静放时为 298.8Hz，向前搜索为 306Hz，向后搜索为 291.6Hz。

（3） 脉冲宽度调制器(PWM)和低通滤波器

10bit 的数字速度误差（时钟脉冲个数值）输给 17.3kHz，PWM 电路。PWM 电路由数字/模拟(D/A)变换器和 1.25V 脉冲宽度调制器构成。它将 10bit 的数字速度误差信号变换成 0～3.75V直流调制的 PWM 信号。速度误差信号的第 9 和第 10(MSB)bit 由数/模变换器变成 4 个对应的直流电平，0V、1.25V、2.5V 及 3.75V。1.25V PWM 电路按照 10bit 速度误差信号的第 1 位(LSB)至第 8 位的数值决定 PWM 的占空比。PWM 的频率是 17.3kHz，占空度的分辨率是 256，PWM 波的幅度是 1.25V。直流电压和 PWM 波相加，就成了分辨率为 1024，幅度在 0～5V 之间变化的 PWM 误差电压，见图 11—56。这样处理降低了 PWM 电路的调制频率，PWM 误差电压通过低通滤波器，IC601 内部的 R1、R2 和接在 IC601㉟、㊶脚的外围电路 R693C649、C650 滤波变成直流误差电压（实际上该误差电压是一个低频的脉动电压，随伺服状态而变化，以下同），进入磁鼓误差电压加法器。鼓相位误差电压通过 IC601㊷脚输入加法器，两者相加产生磁鼓驱动电压，从 IC601㊺脚输出。

加法器受 IC601⑦脚输入的“CYL ON”控制信号的控制，它来自微处理机 IC901④、⑤脚，经 QR602 倒相输入。当 IC601⑦脚为低电平时，加法电路启动，有伺服误差驱动输出，鼓旋转。加法器的输出给鼓电机驱动集成电路 IC603⑤脚，IC603 供给鼓电机的驱动电流和电压，调整它的转速。

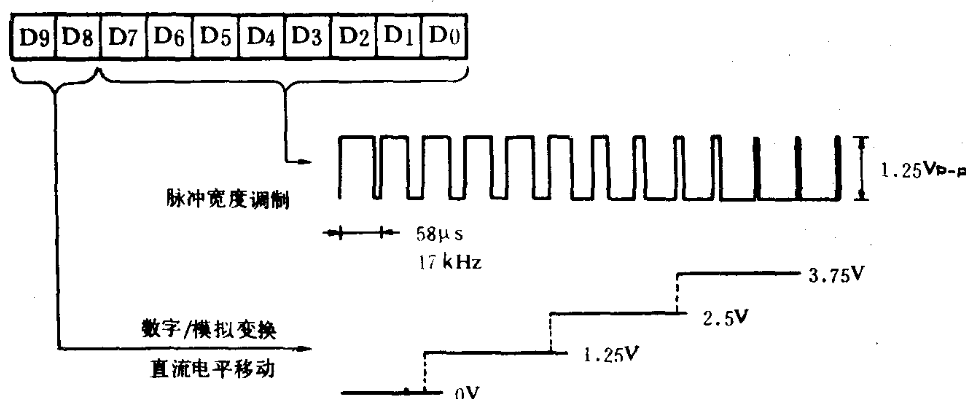


图 11—56　17kHzPWM 的输出

(4) 磁鼓速度环路输出的控制信号

磁鼓速度环路输出三种控制信号，去控制磁鼓相位伺服环路和主导伺服环路的工作，其作用是在磁鼓启动的初期截止鼓相位伺服环路的工作，使鼓能在不受相位环干扰的情况下加速；同时也截止主导轴伺服环路的工作，使主导驱动电机在启动阶段不受主导伺服的控制，以最高驱动电压尽快得到加速。

427E 的鼓相位伺服和主导轴伺服都分别受鼓相位环接通信号控制和主导伺服接通信号的控制。当鼓在启动的加速阶段，且在转速达到标准转速的 70%以前，这二个控制信号分别截止了磁鼓相位环和主导轴伺服环路，使它们的误差输出信号不起作用。此两路控制线都在 IC601 内部。

427E 的鼓相位误差控制器还输出主导伺服控制总线(BUSY CAPST)，由 IC601⑬脚输出到主导电机驱动电路 IC1601㉒脚，使主导电机在鼓加速时不受伺服误差电压的控制，供其上加有最大的 22V 的直流电压，产生最大的转矩。

2. 磁鼓相位控制电路

磁鼓相位控制电路的功能是保持磁鼓旋转位置正确。记录状态时，在输入视频信号场同步头前 6.5 行±1.5 行时刻，使视频磁头的旋转位置正好转到 180°切入点位置上；在重放状态，磁鼓旋转同步于机内晶振产生的 25Hz 标准信号，并且使视频磁头 180°切换点的位置在视频磁迹记录场同步信号前 6.5±0.5 行的位置。磁鼓相位控制电路还产生主导伺服、视频电路所需要的 25Hz 时间基准信号。记录状态产生记录 25Hz CTL 信号，通过控制磁头记录在磁带的控制磁迹上。重放时产生延时 25Hz 信号，作为主导轴相位伺服的基准信号。磁鼓相位控制电路主要的都在集成电路 IC601 内，包括比较信号成形电路、相位误差检出器、35kHz 脉冲宽度调制器和低通滤波器 25Hz 开关脉冲形成电路和记录 CTL 信号形成电路。图 11—57 是磁鼓相位控制电路方框图。

(1) 鼓相位检测比较信号成形电路

427E 磁鼓位置检测传感器是装在磁鼓电机转子外侧的一块霍尔集成电路。转子外侧某一位置有一对永久磁极，鼓电机旋转一周，当该磁极经过霍尔集成电路时就感应一个脉冲电压(叫它为 TACH 脉冲)。脉冲发生的时间对应磁鼓旋转的特定位置。霍尔电路有一对极性互为反向的感应电压输出脉冲，正极性和负极性 TACH 脉冲分别输入 IC601㉜、㉝脚，由集成电路内部的放大整形电路处理成 25Hz 的方形信号，然后由极性选择电路选择 TACH 脉冲的极性

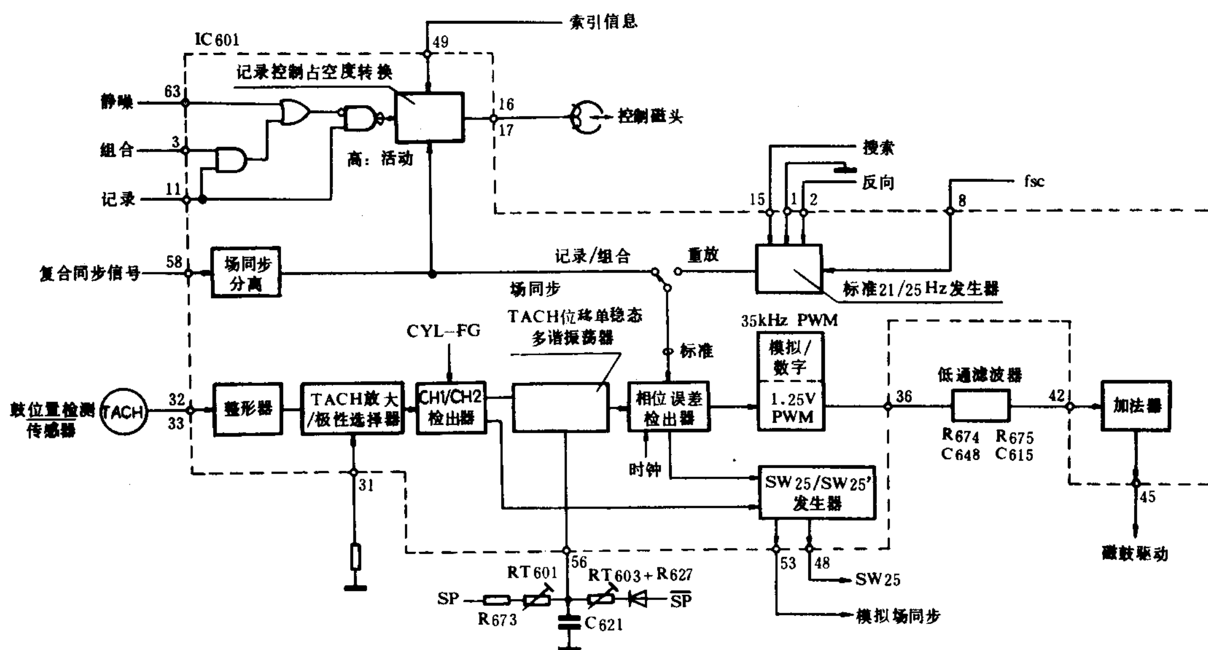


图 11—57　磁鼓相位控制电路方框图

(极性不同对应 CH1、CH2 方位角不同的视频磁头)。427E 中应用很多集成电路(包括伺服、控制、视频、音频系统)都具备实现 SP、LP 二种录放速度功能。伺服电路 IC601 也一样，负极性的 TACH 信号是用以选择 SP 速度方式，选择 SP 磁头，反之选择 LP 方式。极性选择由 IC601㉛脚直流电平决定。但由于 427E 是三磁头录像机，仅有 SP 记录方式，故 IC601㉛脚通过 R620 接地恒为低电平。CH1/CH2 磁头极性检测器和其后的触发电路产生 25Hz 的鼓相位比较信号，同时确定了脉冲和磁头极性的对应关系。427E 25Hz 开关脉冲的低电平对应 CH1 正方位角磁头，高电平对应 CH2 负方位角磁头。检测器实质上是一个受 TACH 脉冲触发而同步的 FG 脉冲分频电路，信号变化过程见图 11—58。从 IC601㉛脚输入的 FG 脉冲，如波形(b)。进入 6 分频电路，分频电路受 TACH 脉冲复位而启动，使产生的 50Hz FG 信号与 TACH 测速脉冲信号同步，如波形(c)。该信号经 TACH 位移单稳电路延时，延时时间可以由接在 IC601㊻脚的外电路 RT601 电位器来调整，如波形(d)。该信号通过双稳电路整形成为延时 FG 25Hz 方波，该信号受 TACH 脉冲的同步，以下称 TACH 25Hz 信号，即磁鼓相位比较信号。TACH 脉冲由装在磁鼓转子外侧的磁体感应产生，它指示了 CH1 视频磁头的位置，因此这个 TACH 25Hz 方波用来切换 CH1、CH2 磁头，调整电位器 RT601 的值也即调整了比较信号和标准信号的相位关系，达到调整磁鼓旋转位置的目的。

(2) 鼓相位误差检测电路

鼓相位误差检测电路的工作原理和速度误差检测相似，所不同的是它的输入信号有三个：时钟脉冲信号：f_s、标准信号和比较信号。而且随工作状态不同，比较信号也随之改变。

相位误差检测器的时钟脉冲频率仍是 f_s＝277.1kHz，它是数字电路的时钟脉冲，也是计数电路的计时标准。

标准信号正如前面已经介绍过的，记录时取输入场同步信号 50Hz 通过二分频电路产生 25Hz 信号；重放时则是机内晶振分频电路产生的 25Hz 信号。

比较信号无论记录或重放都是 TACH 25Hz 信号，它代表了视频磁头的极性和位置。

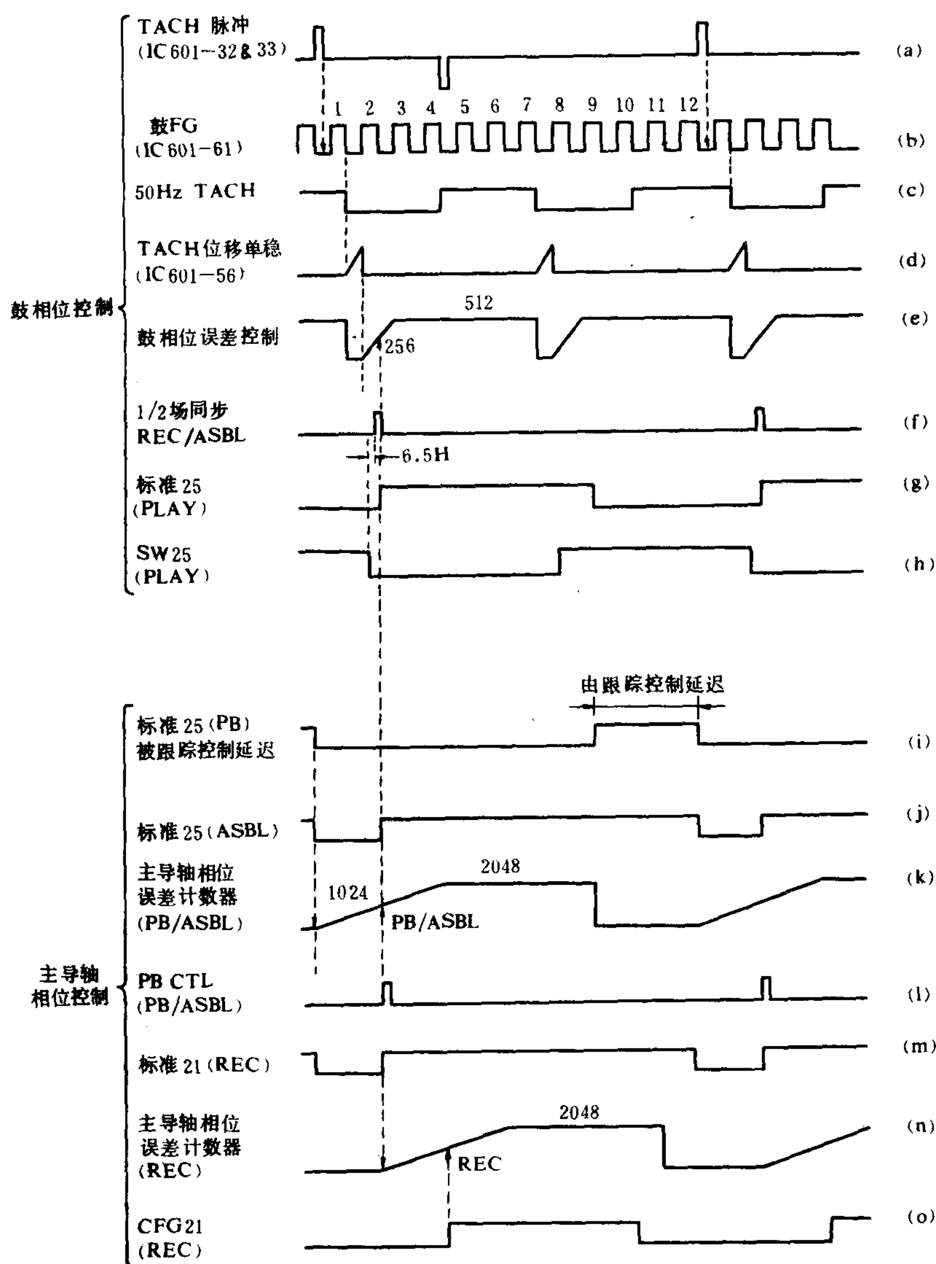


图 11—58 磁鼓/主导轴相位控制时序图

鼓相位误差检测时序见图 11—59。

标准信号波形(a),送复位主计数器,使它开始计数时钟脉冲的个数,脉冲个数与时间成正比,形成波形(b)。当计数器从 N_P 上升到 N_A 时,触发门脉冲电路,产生如波形(c)的门脉冲。该脉冲宽度 $\tau=(N_B-N_A)/f_s$,$N_B-N_A=2^9=512$。在门脉冲高电平期间,误差输出计数器开始计数,形成波形(d)。当比较信号脉冲(e)到来时,启动锁存器,将该时刻计数器的数值锁存在输出口,一直保持到下一个比较脉冲的到来。25Hz 标准脉冲一个周期以后,下一个标准脉冲将主计数器、误差输出计数器复位,开始新的检测过程。

和速度检测器一样,当比较信号符合标称值时,比较脉冲位于输出误差计数器的中心值 256;当鼓旋转相位滞后期望位置时,计数值有 256～512 之间的计数输出值。反之是 0～256 的输出值。

相位检测器也可以小范围修正鼓的转速,以适应特技重放时修正鼓转速的要求。静像、慢

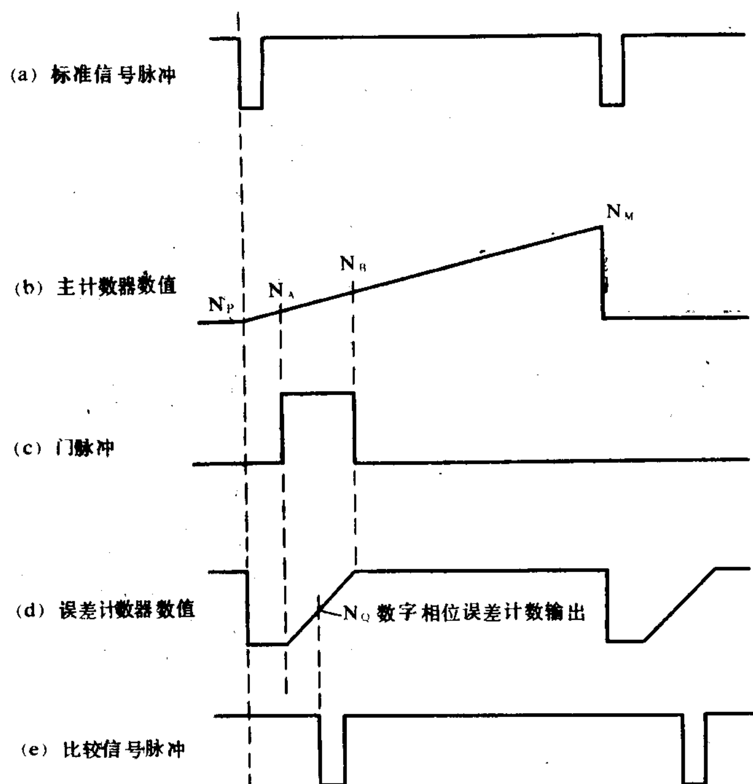


图 11—59　鼓相位误差检测时序图

放、搜索时，由于磁带速度的改变，需要保持磁头磁带相对速度不变，以获得稳定的图像。427E 相位检测器通过在 IC601 内存 ROM 区中预置不同的 N_A、N_B 数值来改变取样门脉冲触发的时间和不同的分频比来改变标准信号的输入频率，达到调整鼓速的目的。标准速度记录和重放时为 25Hz，静放时为 24.9Hz，正向搜索时为 25.5Hz，反向搜索时为 24.3Hz。工作状态的控制由微机输入信号(和鼓速度检测同)来完成。

(3) PWM 电路

相位误差检出器的 PWM 电路，和速度环的处理相似，也是由 D/A 变换器和 1.25V 脉冲宽度调制器组成。所不同的有二点：一是相位环 PWM 的频率是 34.6kHz。二是相位误差 PWM 电路的输出在磁鼓启动状态固定在 50%占空度上，直到磁鼓速度达到正常速度的 70%，IC601⑬脚变高为止。

(4) 低通滤波器

35kHz PWM 信号由 IC601㊱脚输出，进入集成电路外围的低通滤波器。滤波器由 R674、R631 及电容 C648、C612 组成，滤出直流误差信号，又输入 IC601㊷脚和速度误差信号相加，在第㊺脚输出，成为磁鼓驱动误差信号。

(5) 鼓电机驱动电路

427E 鼓电机采用直接驱动无刷直流电机，427E 磁鼓无刷直流伺服电机装在下磁鼓组件里，定子线圈有 9 个，成径向绕制，线圈分成三组，每组三个，成星形接法。转子永久磁铁有 8 对磁极做成园环形罩在线圈外围。定子外圈靠近转子磁体位置安装了三个霍尔检测器。每个安装位置互相相差 30°，用来检测转子磁极的位置，产生位置检测信号。当转子旋转时位置信号的幅度作周期性变化，转子位置检测信号输入驱动集成电路 IC603 中经放大就得到相位互差 120°的三相交流驱动电流。这样霍尔器件和集成电路放大器就将直流电流变成交流驱动电流，控制放大器的放大量和直流供电电压，就可以改变电机定子线圈的驱动电流，达到控制电机驱动力矩的目的。图 11—60 是 427E 磁鼓电机的结构图。

427E 磁鼓电机配置集成电路 HA13403 作驱动块(IC603)，电路内集成了 FG 信号放大器、霍尔检测信号放大器、位置信号发生器、驱动放大器及力矩控制电路其工作过程是这样的：鼓电机霍尔检测器的三组信号 U、V、W 输入 IC603 的⑬、⑮、⑰、⑲、㉑、㉓脚，由集成电路内部的三组霍尔放大器放大，将位置信号输给位置信号发生器，它将霍尔检测器检拾到的相位各异的位置信号按照一定的时序变成三组相位相差 120°的类正弦波交流电流。伺服电路的误差直流驱动电压输入 IC603⑤脚，通过运算放大器后去控制位置信号的交流输出电流，从而达到校正

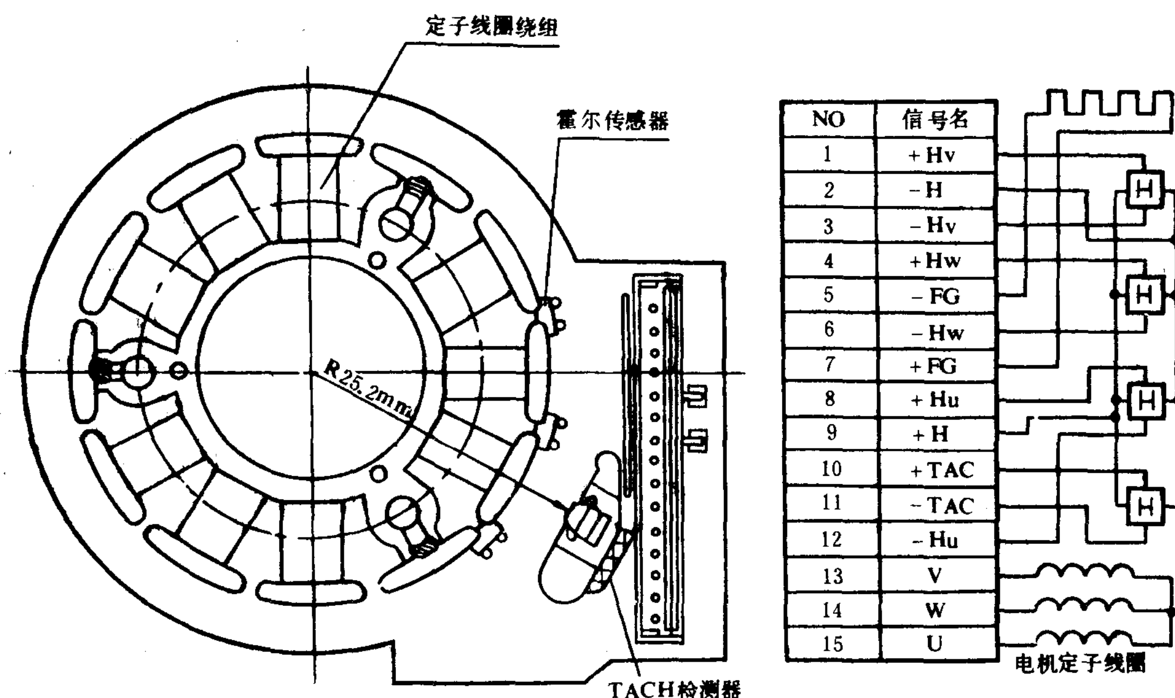


图 11—60　427E 磁鼓电机结构

电机旋转的作用。位置信号的交流输出幅度还受驱动放大器的电流、电压反馈信号的控制。IC603⑭脚外电路上接的 0.47Ω(1/2W)就是电流反馈电阻，防止鼓电机电流过载。IC603②脚可以输入停止控制信号。第③脚可以输入旋转方向变换控制信号。因为磁鼓电机不需要反转和制动，所以②脚恒接高电平，③脚恒接地。三相位置交流信号的输出经三个驱动功率放大器放大后产生驱动电流，激励电机主线圈，产生旋转磁场，从而使电机产生旋转力矩。直接驱动无刷直流电机具有伺服精度好，无火花干扰，寿命长的特点。在外形上，它可以做成扁平状，使电机轴就是负载转轴，实现直接驱动的优点。

(6) 25Hz 磁头开关信号发生器

25Hz 磁头开关信号是由集成电路 IC601 内产生的方波，它的电平高低代表了视频磁头的选用(即是 CH1 还是 CH2)。开关信号从 IC601㊽脚输出供给色度信号处理电路，作为隔场矢量旋转的控制信号。在重放时 25Hz 开关信号还输给磁头放大电路控制 CH1、CH2 磁头拾取的包络信号切换。开关信号的产生过程见图 11—61。经 TACH 单稳多谐振荡器延时以后的 50Hz 延时脉冲去触发双稳态电路产生 TACH 25Hz 相位比较信号，送到 25Hz 开关信号发生器，使它延时 460μs，产生占空比为 50％的 25Hz 开关信号。TACH 25Hz 相位比较信号和 25Hz 开关信号之间的延时量是由磁鼓内部的视频磁头和 TACH 感应磁体间的相互位置(夹角)决定的。日立 427E 鼓的延时量是 460μs。

(7) 记录 CTL 信号发生器

记录时输入的视频信号，通过亮度电路同步分离得复合同步信号，输入 IC601㊳脚，经场同步分离和二分频电路得 25Hz 脉冲信号。它和视频图像信号有确定的相位对应关系，作为记录时相位误差检测器的标准信号，同时供给记录控制信号(CTL)发生器。CTL 信号发生器实质上是一个 25Hz 脉冲占空比开关和放大器，将产生的 CTL 信号通过⑯、⑰脚输送给 CTL 磁头。CTL 信号发生器受 IC601⑪、③、㊸脚输入信号的控制。它们来自控制系统微机 IC901，代表了录像机的工作状态。⑪脚为记录转换控制，③脚为组合编辑控制。在组合编辑状态时必须保留

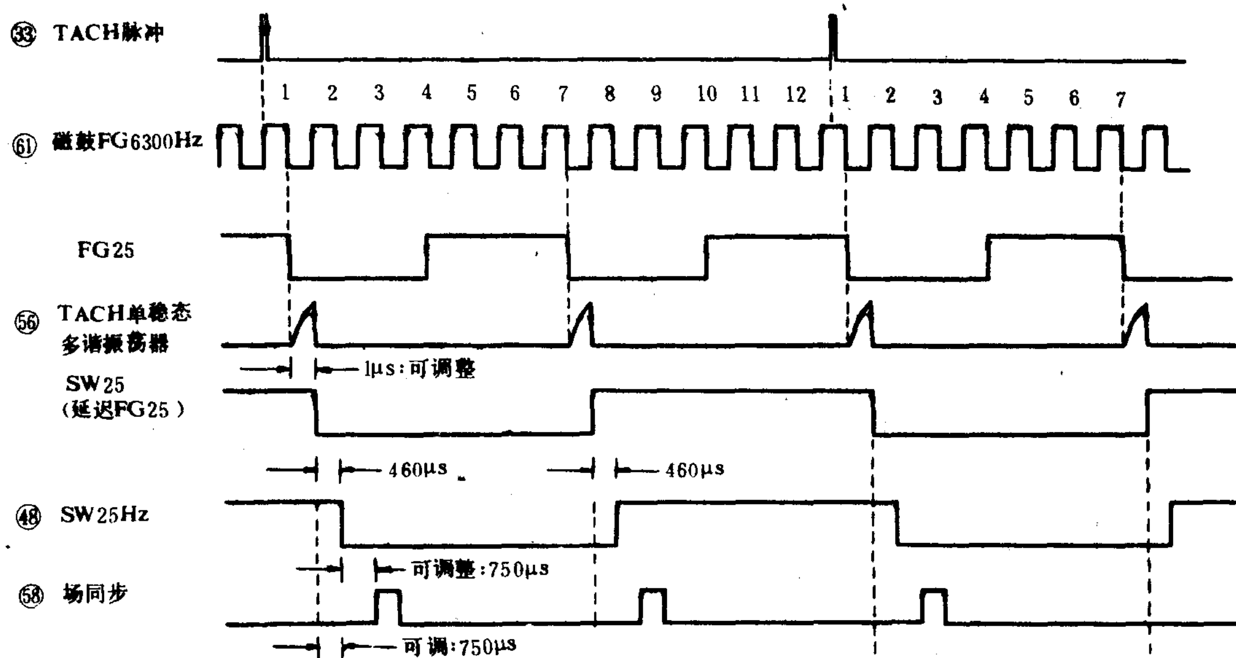


图 11—61 25Hz 磁头开关脉冲产生过程波形

原来的 CTL 信号。㉝脚为 CTL 信号发生器截止控制。因为录像机从其它状态进入记录状态的转换过程、磁鼓和磁带运动过程的建立、达到稳定过程需要一定的时间。在该时间中伺服系统是不稳定的，所以通过控制系统微机来截止记录 CTL 信号发生器，以免把非稳定的 CTL 记录到磁带上。当⑪脚为高电平，③、㉝脚是低电平时，CTL 信号发生器输出记录 CTL 信号。427E CTL 信号发生器产生的脉冲占空比有二个数值。在正常记录状态时占空比都为 60%(VHS 标准规定的)，在记录节目片头的索引信号时，占空比由 60%变为 27.5%。转换由输入 IC601㊾脚的索引控制电平决定，它也来自控制系统 IC901。当㊾脚为低电平时，占空比是 60%，反之成 27.5%。

11.4.3 主导轴伺服系统

427E 主导轴驱动采用了直接驱动扁平无刷电机，主导轴即是电机转轴。电机转子磁钢相当于早期主导轴的飞轮，消除了电机和飞轮之间的传动误差，使机器暂停和慢放时磁带停止的位置精确，得以实现无噪声带的特技重放功能。主导伺服电路也分速度伺服和相位伺服，每个伺服环路在不同的工作状态有不同的控制模式。

1. 主导轴速度伺服电路

主导轴速度伺服电路的作用是使磁带运行保持正确的速度，其工作原理和鼓速度伺服电路相似。它的大部分电路设在 IC601 集成电路内。图 11—62 是主导轴速度伺服电路方框图。电路包括主导轴比较信号 CFG 整形电路、速度误差检测器、脉宽调制器(PWM)、低通滤波器、加法器和电机驱动电路。

427E 录像机接受记录和重放操作时，在加载动作期间，磁鼓电机转动，当磁鼓电机旋转速度到达标准额定速度的 70%时，就由鼓速度误差检测器产生主导轴接通控制信号，来启动主导伺服电路。

主导轴频率发生器 CFG 检测头是安装在主导电机转子磁钢外侧的一组磁敏电阻，电机旋转时，产生反映主导电机转速的 CFG 检测信号，从 IC1601⑱、⑲脚进入集成电路的 FG 放大整

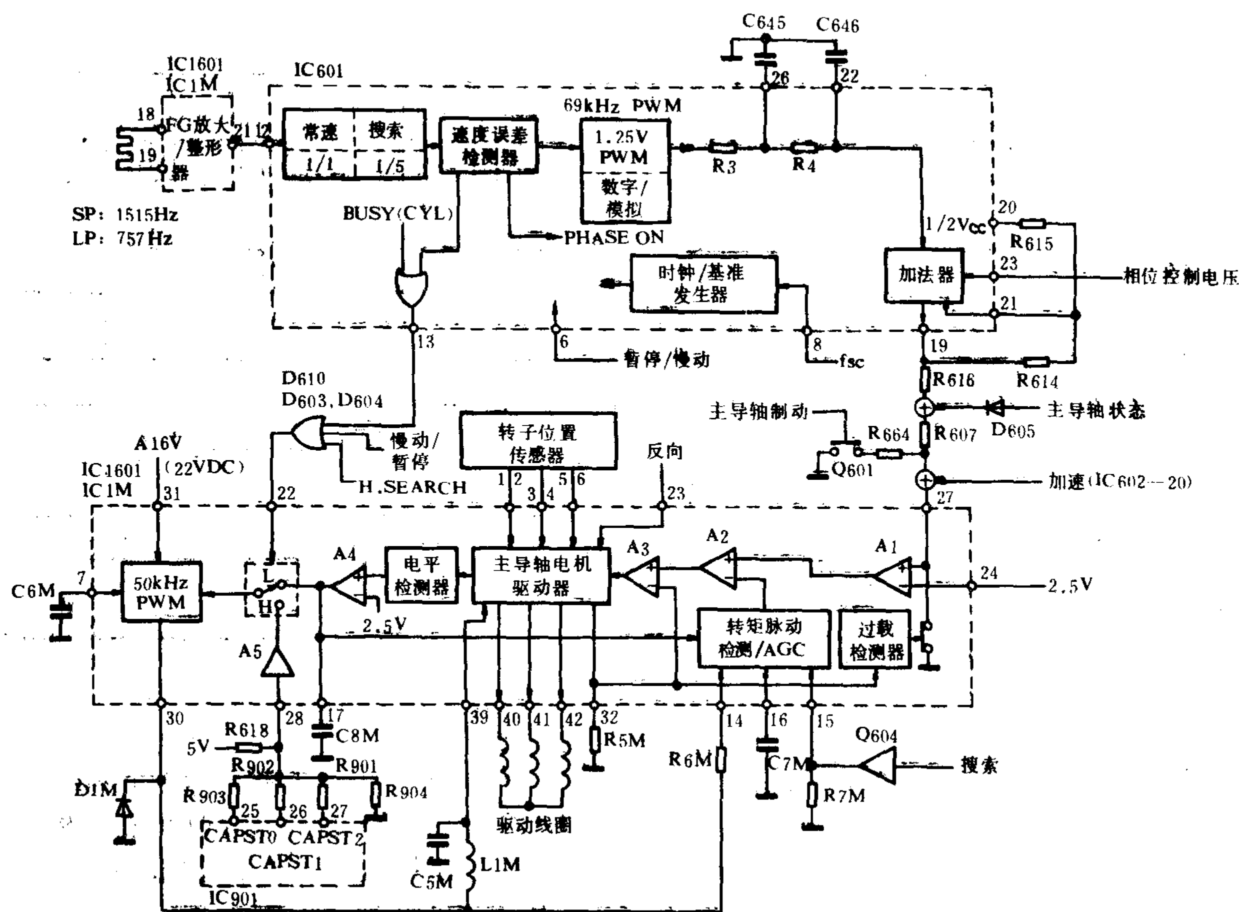


图 11—62　主导轴速度控制电路方框图

形电路，变成方形脉冲由第 21 脚输出，送到控制系统微处理机 IC901㉝脚，供微机监视主导轴电机的运输情况(判断是否正常)。同时送 IC601⑫脚，作为伺服电路的比较信号。CFG 信号在标准录/放状态和搜索状态时其脉冲频率是不同的，前者为 1515Hz，后者为 7575Hz。为了使各种伺服工作状态下进入误差检测器的 CFG 频率一致，输入的 CFG 信号先进入可变分频器处理。它的分频比随工作状态的不同而不同。标准速度录/放状态时分频比为 1，搜索时分频比为 5。分频比的选择由微处理机 IC901⑭脚输出搜索控制电平，使 IC601⑮脚在搜索时为高电平，选择分频比为 5。分频以后的 CFG 信号送速度误差检测器，保证了送给主导速度误差检测器的比较信号 CFG 在各种走带状态下频率都是 1515Hz。

主导轴数字速度误差检测电路原理和鼓伺服速度误差检测器大致相同。用计数器对标准信号周期内产生的时钟脉冲个数计数取样的办法产生速度数字误差数据，同时还产生二个控制信号，主导轴相位伺服启动信号和主导轴总线(BUSY)信号。前者在速度环工作正常以后去启动主导轴相位环路工作，后者去改变 IC1601 主导电机驱动电路的工作状态，使驱动集成块的驱动方式转为伺服控制驱动方式。

速度误差检测器的误差数据送至 69kHz 主导伺服脉宽调制器，数字误差数据变成叠加直流 1.25V 的脉冲宽度调制波的误差信号。最后通过低通滤波器变成速度直流误差信号，送主导伺服加法器和从 IC601㉓脚送来的相位伺服控制误差直流电压相加，合成主导轴伺服驱动电压。加法器的增益由 IC601㉑脚上的反馈电压决定，低通滤波器由 IC601 内部的两个电阻 R_3、R_4 及接在第㉒、㉖脚上的外围电容器 C_{646}和 C_{645}组成，它决定了环路的一些重要特性。

主导轴伺服电路从 IC601⑲脚输出，送给主导电机驱动集成电路 IC1601 的㉗脚，去调节主

导轴电机的转速。当然主导轴速度检测器的输出信号 CFG 不断将主导轴转速情况反馈给伺服环路，由伺服电路及时输出误差数据，校正电机的运行速度和位置，使电机运转保持额定转速而且相位锁定。整个过程始终是一个检测、反馈、比较、调整的循环过程。

在记录、重放、搜索、慢放等工作状态，主导轴电机的驱动控制电压必须来自伺服电路。伺服误差驱动电压输入 IC1601㉗脚；搜索时电机旋转方向由㉓脚输入的直流电平控制，低电平时正向旋转，高电平时则反向。

在快进、倒带、带盒仓升降以及卸载过程中，主导轴驱动和伺服电路分离，由控制系统微机 IC901 直接控制电机的转速和方向。

上述二种速度控制方式由输入 IC1601㉒脚的直流电平决定。当㉒脚高电平时，工作于伺服控制方式，低电平时由微机 IC901 控制方式。IC1601㉒脚的信号由 PG605②脚输入。PG605②脚上的电平是主导电机工作状态的重要输入量。

2. 主导轴相位伺服电路

主导轴相位伺服电路和磁鼓相位伺服电路相似，它在速度伺服的基础上保证磁带运行和磁头旋转有适当的相对位置(相位)。例如，重放时保证 CH1(正方位角)磁头在磁带的正方位角磁迹上扫描。因此重放时主导轴相位伺服电路的标准信号必须和鼓相位伺服是同一个信号源。主导相位伺服的比较信号，在记录状态和重放状态是不同的。记录状态是主导轴 FG 发生器检测到的 CFG 脉冲经分频后的 21Hz，而重放时是 CTL 磁头在磁带的 CTL 磁迹上拾取的 25Hz 信号，它反映了磁带运行的位置。图 11—63 是主导电机相位伺服电路方框图。

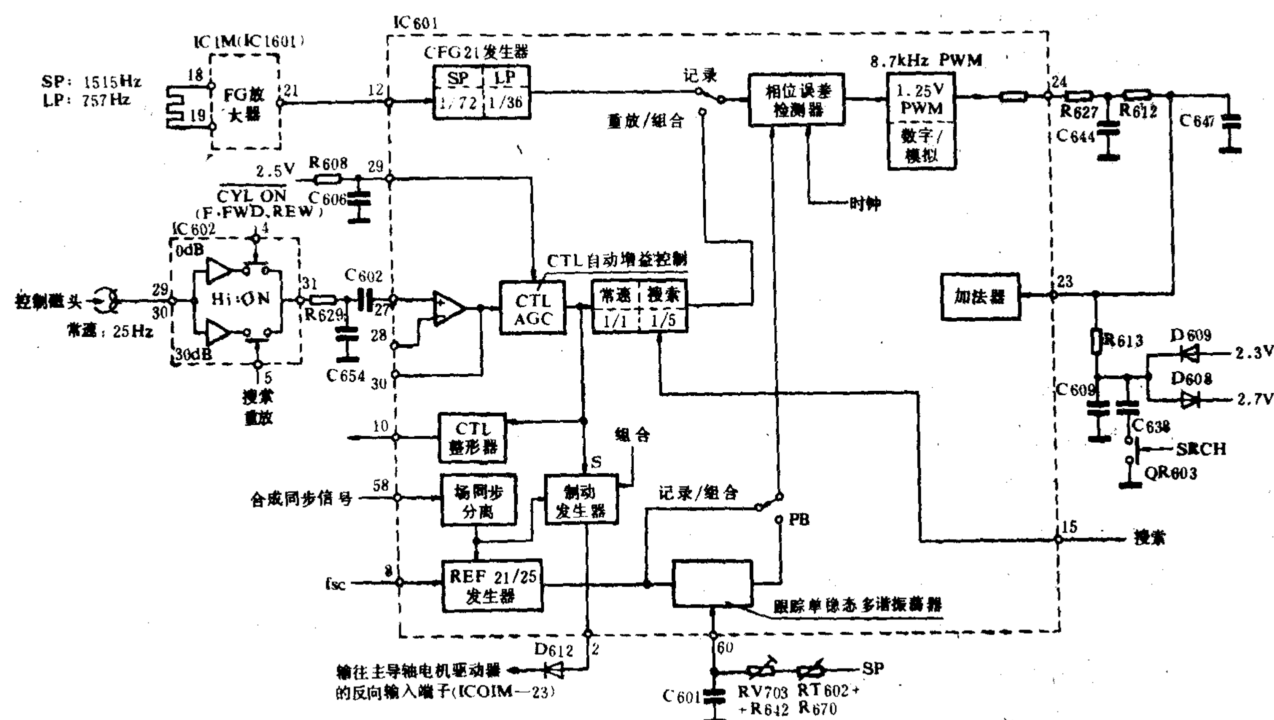


图 11—63 主导轴相位伺服电路方框图

记录状态，主导轴 FG 发生器产生的 CFG 信号在经过 IC1601 放大整形处理以后送到 IC601⑫脚，同时供给速度伺服环路和相位伺服环路。在相位伺服环路，输入 CFG21 发生器，和速度环路相似，它实质上是一个分频比可选择的分频器，在重放状态，分频比是 72，将 CFG 输

入的 1515Hz 频率(sp 时)降为 21Hz。CFG21 发生器把各种工作状态下输入的 CFG 信号(标称值)都分频成 21HzCFG 脉冲,作为主导相位误差检测器的比较信号。相位误差检测器所需的标准信号是从第⑧脚输入 IC601 的机内晶振频率源 4.43MHz(记录状态被输入的视频信号所同步)被标准 21/25Hz 发生器分频成 21Hz 脉冲信号。相位误差检测器采用数字计数式,同磁鼓相位检测相同,时钟频率仍是 277.1kHz,以 11bit 的误差数据输入 8.7kHz 相位 PWM 电路,改变 PWM 输出脉冲的占空比,就把相位误差数据调制到 PWM 的脉冲宽度上。

重放状态时,主导伺服相位误差检测器要求的比较输入信号是由控制磁头从磁带的控制磁迹上读取的 25HzCTL 信号输入 IC602㉙、㉚脚的 CTL 放大器。在重放和搜索状态,CTL 信号有 30dB 的放大增益,而在快进、倒带等非走带状态。由于 CTL 检测到的电平已经足够大,放大器对 CTL 信号不放大(0dB),它受控制系统微处理机 IC901 的控制。

放大后的 CTL 信号从 IC602㉛脚输入 IC601㉗脚,在 IC601 内由 CTL AGC 电路放大,以便在各种不同走带状态下均能获得幅度稳定的 CTL 信号。但是在搜索状态,CTL 信号频率与重放时的不同,为 125Hz,重放时为 25Hz,在进入相位误差检测以前,还要进行可变分频处理,使 CTL 频率都为 25Hz,才能进入相位误差检测器。

重放状态相位误差检测器的标准信号来自标准 21/25Hz 发生器的 25Hz 频率源(记录为 21Hz)。但是为了满足互换性要求,使各个机器录制的磁带在重放时都能获得良好的跟踪,对标准 25Hz 信号的相位作了可调延时处理(跟踪调节),将标准 25Hz 信号经过一个单稳(MM)延时。延时量由 IC601⑩脚外接的 RT602(跟踪预置电位器)和 RV703(跟踪调节电位器)及 C601 的时间常数决定。调节 RV703 就可校正标准信号的相位,也就相对校正了磁带运行的位置,使记录的机器和重放的机器磁头旋转位置和磁带运行相对位置偏差得以纠正。图 11—58 磁鼓、主导轴电机相位控制时序图中(i)是 IC601 内部 21/25Hz 信号发生器产生的标准 25Hz 信号,作为重放标准信号,记录时是标准 21Hz 信号见图中的(m)。重放时对标准 25Hz 信号经过跟踪单稳延时 T,延时后的标准 25Hz 信号进入相位比较器。它的下降沿去复位启动主计数器、误差计数器,使误差计数器产生如图中(k)的斜坡计数特征。重放时比较信号由控制磁迹上拾取的 CTL 信号产生如图中(l)的信号,用它去启动锁存器存入数据,把(l)脉冲所对应的(k)的斜坡上的计数值锁存在锁存器中,作为主导相位误差检测器的输出。图中的(j)是组合编辑状态时主导轴电机的相位标准 25Hz 信号。它和记录输入视频信号同步,不需经单稳延时就输入相位误差检出器。图中的(m)～(o)是记录状态时相位误差检测器的波形图。标准 21Hz 脉冲去复位主计数器、误差计数器,产生如(n)的斜坡信号。CFG21Hz 脉冲的上升沿在图中(n)斜坡上取样作为相位检测器的误差输出。主导相位误差检测器输出 11bit 的误差数据。伺服稳定以后取样比较信号落在误差计数器信号的斜坡的中心。

和磁鼓相位误差检测电路相同,数字误差输出经脉冲宽度调制器(PWM)将误差数据变成脉冲调制波从 IC601㉔脚输出,主导相位伺服的 PWM 调制频率是 8.7kHz。有一点和鼓相位环路不同,在主导轴电机的转速达到额定速度以前,相位 PWM 的占空比一直被固定在 50%。

3. 主导轴电机驱动电路

427E 录像机的主导轴电机和鼓电机的工作原理相同,主导轴电机也必须和电机驱动电路 IC1601 M56480FP 相结合才能工作。

和鼓电机相比,主导轴电机要求外形尺寸更薄,因此主导电机定子线圈绕组轴线和主导轴方向平行,线圈短而扁,直接胶接固定在底板上,见图 11—64。线圈有 6 个绕组,分成三组,呈星形接法。转子磁钢也和鼓电机不同,它的磁极对着定子线圈。环形磁缸上共有 8 对磁极,在

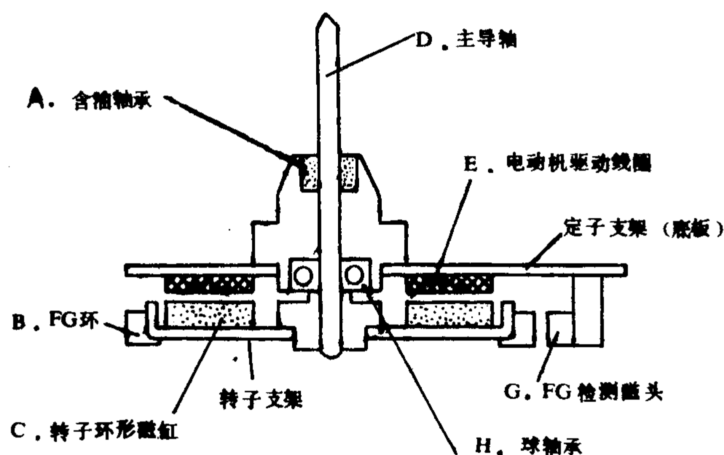


图 11—64　427E 主导轴电机的构造

定子绕组间隙处有三个霍尔元件，每个安装位置相间 60°角，它产生磁鼓的位置检测信号。在转子支架的外环还有一圈 FG 环，其上设有 CFG 磁极。与其相对的定子支架上安装有 CFG 检测磁头对着 CFG 磁体。图 11—65 表示了主导轴电机定子驱动线圈、霍尔位置检测器和 CFG 检测磁头的平面位置关系，其中最外圈表示的是转子杯形磁缸的外环，主导轴和转轴为一整体，永磁体在圆形平面上，这和鼓电机不同。

由于主导轴电机转速较鼓电机低得多，而且线圈绕组少，因此如何减小主导电机运转的抖晃率是驱动电路必须解决的问题之一。

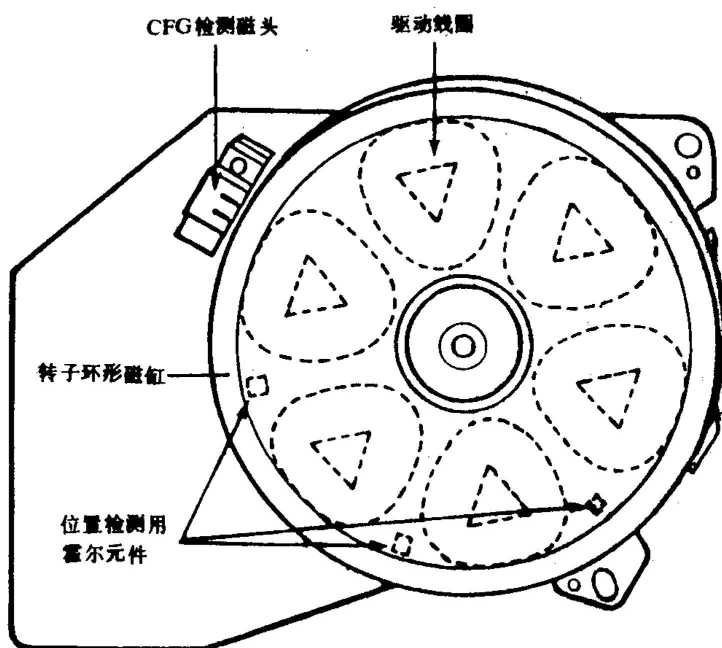


图 11—65　主导轴电机定子绕组和霍尔元件平面位置关系

主导轴电机在不同的工作状态转速差异很大，搜索走带状态转速是标准走带速度(SP)的 5 倍，故电机的负载差距甚远。因此主导电机驱动电路具备能根据不同的工作状态自动调整供电电压的功能，这对于降低功耗、减少功率驱动器的温升有非常重要的意义。

主导轴电机驱动电路 IC1601 内含有 CFG 信号放大器、位置信号处理电路、力矩控制电路、力矩脉动检测及 AGC 放大器、过荷保护器、电机驱动电路和 50kHz PWM 稳压器。其中 CFG 信号放大器、位置信号处理电路、电机驱动电路和鼓驱动相同，这里不再赘述。下面叙述主导电机驱动和磁鼓电机不同的特点。

(1) 转矩脉动检出/AGC 电路

427E 主导电机以 2.1r/s 的转速旋转，故电机绕组数少，所以反向电动势的波动(脉动)很明显，如不采取措施，由此引起的驱动电流脉动成分势必引起电机旋转的抖晃。故 427E 在驱动电路中从其输出量中检出电平波动量，经运算放大器 A4(见图 11—62 主导轴电机速度伺服电路)放大，反馈到转矩脉动检出/AGC 电路，转矩脉动检测电路将反馈的脉动成分滤波，取出电机抖晃的频率分量进行 AGC 放大，控制到一定量级，输入运算放大器 A2。在转矩控制电路 A2 中作反相减法处理，消除该脉动成分。在搜索工作状态，因主导电机转速较高，脉动频率提高，反馈可能引起正反馈自激，所以由第 15 脚输入控制信号，截止反馈信号工作，使搜索状态

下转矩脉动检测反馈电路停止工作。该控制信号来自控制系统微机IC901⑭脚经$Q604$反相后输入。

(2) 转矩控制电路

从IC1601㉗脚输入的主导电机伺服误差校正电压经运算放大器$A1$、$A2$和$A3$放大和三种处理：即过载检出保护处理、转矩脉动检测消除处理和电流负反馈平稳处理。过载检出保护处理是：IC1601㉜脚外接的R5m电阻是功率驱动器的负反馈电阻，它上面的压降反映了通过驱动线圈的电流。该压降被反馈到过载检测器。当IC1601㉗脚输入的电压太大，以至于驱动电流超过1.2A时，过载保护器动作，电子开关将超负荷的输入误差电压接地。转矩脉动检测消除处理前面已介绍过。电流负反馈平稳处理是这样的：R5m上的电压降反馈到运算放大器A3的负输入端上，起稳定激励电平的作用，运算放大器A1、A2、A3串联，将第㉗脚输入的控制电压放大到足够大，去推动功率驱动放大器，产生功率负载输出。输出电流从第㊵、㊶、㊷脚送入驱动线圈，控制电枢运行。

由控制系统微机IC901㉙脚控制主导驱动电路的工作方式，除重放、搜索、记录等走带方式以外的状态。IC901㉙脚输出5V高电平，通过二极管D605输入IC1601㉗脚，该电平大于从IC601⑲脚输入的伺服误差驱动电压，使转矩控制电路有足够的交流激励电平，截止了伺服误差电压的作用，使主导电机处于非伺服工作状态。IC1601内部有一个50kHz PWM脉宽调制调压稳压器，在非伺服状态下，该调压稳压器根据控制系统微机IC901输出的直流编码电压输入IC1601㉘脚，来改变50kHz PWM调压器的输出电压。该稳压器是电机功率驱动器的直流供电电源，因为功率驱动器有足够的交流激励电平。所以电机驱动功率完全由功率驱动器的供电电压所决定。这样，主导电机的转速就由微机IC901输入PWM调压器的控制直流电压所决定。

在重放、记录和搜索的稳定状态，IC901㉙脚输出低电平，IC1601㉗脚的输入由IC601⑲脚的伺服误差电压所决定，使主导电机处于伺服运行状态。

50kHz调压稳压器(50kHz PWM)有三个输入控制端(IC1601的第⑦、㉒、㉘脚)，第⑦脚的外电路接有电容器C6M，它和集成电路内电部电阻决定PWM的频率。第㉒脚决定PWM的调制特性，当该脚为高电平时，PWM选择运放A5的输出为调制信号，将㉘脚输入的直流控制电压变成各种工作状态的直流电压，见表11—13。当第㉒脚为低电平时，PWM选择运放A4的输出电压。A4是功率驱动器的V_{cc}电平检出器，使PWM的输出电压适合功率驱动器的供电要求。

表11—13　　各种工作状态主导轴驱动电压

状态		系统控制微处理机			电机驱动器	
		第㉗脚	第㉖脚	第㉕脚	第㉘脚	第㊴脚
1	快进/倒带的开始	0	0	1	3.2V	16V
3	盒带装载/卸载	0	1	1	4.2V	21V
5	松弛去除	1	0	1	3.9V	19.5V
6	快进/倒带	1	1	0	4.3V	21.5V
7	制动、慢动、搜索	1	1	1	4.4V	22V
8	放像/录像	1	1	1	4.4V	—

第㉒脚的输入由二极管D603、D604、D610、D605四只二极管或门组成，见图11—66，使主导轴非伺服工作状态、慢放、暂停、搜索及伺服电路启动的非稳态时，第㉒脚为高电平，PWM调

压器接受㉘脚的输入控制信号。

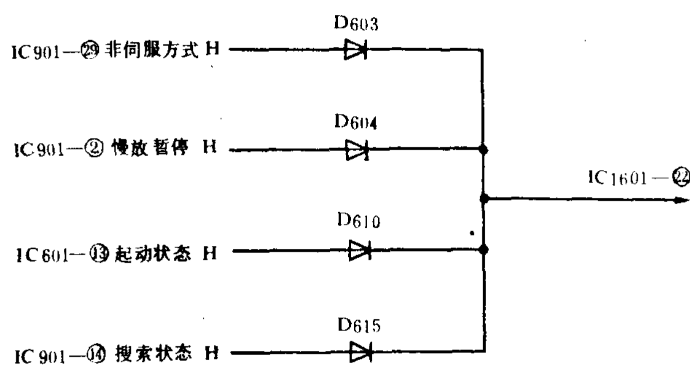


图 11—66 二极管或门电路

427E 通过控制系统微机 IC901㉕、㉖、㉗脚输出的 3bit 的编码信号代表了 6 种不同的工作状态，见表 13—13。IC901 输出的编码信号经过电阻矩阵，变成不同的控制电压，输入 IC1601㉘脚，去控制 PWM 调压稳压器的输出电压，由第㉚脚输出不同的直流电压去控制功率驱动晶体管的驱动电流。第㉚脚的输出电压大约等于第㉘脚输入控制电压的 5 倍。由表 11—13 可知，在快进/倒带的起始状态，直流电压较小仅 16V，而到稳定状态变成 21.5V，因此快进/倒带主导电机的转速是逐渐提高的。重放和记录的起始状态，一方面主导电机还处于加速过程，这时主导相位环路是关闭的，主导速度环路有最大的误差直流电平输入 IC1601㉗脚，使功率驱动器有足够的激励输入；另一方面，IC1601㉒脚输入高电平（由 IC601⑬脚磁鼓或主导速度检测器输出的，通过 D610）使 PWM 受 IC1601㉘脚输入电压的调制，而记录和重放状态时㉘脚输入的是编码的最高电压 4.4V，因此 50kHz PWM 输出最大的 22V 稳压，供给电机功率驱动器，使电机能获得最大的转矩输出，缩短起始的非稳态时间。在记录、重放的稳定状态，由 IC601⑲脚输入第㉗脚的直流误差伺服电压接近平衡电平，使功率驱动器的激励输入减小，因此，功率驱动器的交流驱动电流电压减小，晶体管 V_{ce} 管压降增加所需的直流供电电压不需要 22V。此外 IC1601⑬脚的电平由高变低，使 PWM 调压器受 A4 的调制，PWM 的稳压输出电压减低，使功率驱动器的功耗减小。这时第㉘脚虽然还是输出 4.4V，但是已经不起作用。在搜索状态，因为主导电机的转速较快，负载很大，电机需要大的转矩电流，所以这时即使是稳定搜索状态，功率驱动晶体管也需要最高的直流供电电压，因此由 D615 对 IC1601㉒脚输入高电平，使 PWM 输出 22V 的直流供电。在慢放、制动状态，主导电机处于间歇工作状态，由二极管 D604 使第㉒脚为高电平。由于间歇工作加速和刹车需要较大的瞬时功率驱动，所以第㉘脚输入的直流控制电压也为 4.4V，电机获得最大的直流功率驱动电压。这时 IC901 的加速脉冲通过 IC602 加于 IC1601㉗脚，使间歇驱动获得最大的转矩。主导电机在间歇驱动的制动状态，控制系统的脉冲信号将 Q601 导通，使 IC1601㉗脚通过 R644 接地，㉗脚的电平降至 1V，这时转矩控制电路不仅没有正向交流驱动激励电压，反而将接在电机线圈上的功率驱动晶体管导通，将绕组线圈短路，成为阻尼线圈，电机成为刹车装置。

主导电机在反向搜索和倒带工作状态还能反转，这由微机 IC901 输出控制信号输入 IC1601㉓脚，当㉓脚为高电平时，转子位置传感器输入 IC1601①、②、③、④、⑤、⑥脚，由集成电路内产生的三相类正弦波的时序变化，合成后的旋转磁场方向倒向，达到改变电机转动方向的目的。

11.4.4 427E 的特技重放功能—静放、帧进、慢放、搜索

1. 427E 特技重放电路的特点

427E 是三磁头录像机，静像时采用相同方位角的 CH1 和 CH3 一对磁头扫描同一条磁迹，

实现无噪声带静像。伺服电路和控制系统检测解调后的图像信号是否有噪声带，如果有噪声带，控制系统发出主导轴驱动脉冲控制信号，调整磁带走速。伺服电路还调节磁鼓旋转速度及产生模拟场同步信号。帧进和慢速重放时，磁带采用间歇驱动，静放和正常重放交替进行。427E 慢放速度是可变化的（1/5～1/30 的常速）。通过改变静像和重放时间比例来实现。电路组成见图 11—67 静止和慢放控制系统方框图。它主要由 IC901 控制系统微处理机、特技重放集成电路 IC602 和伺服集成电路 IC601 组成。

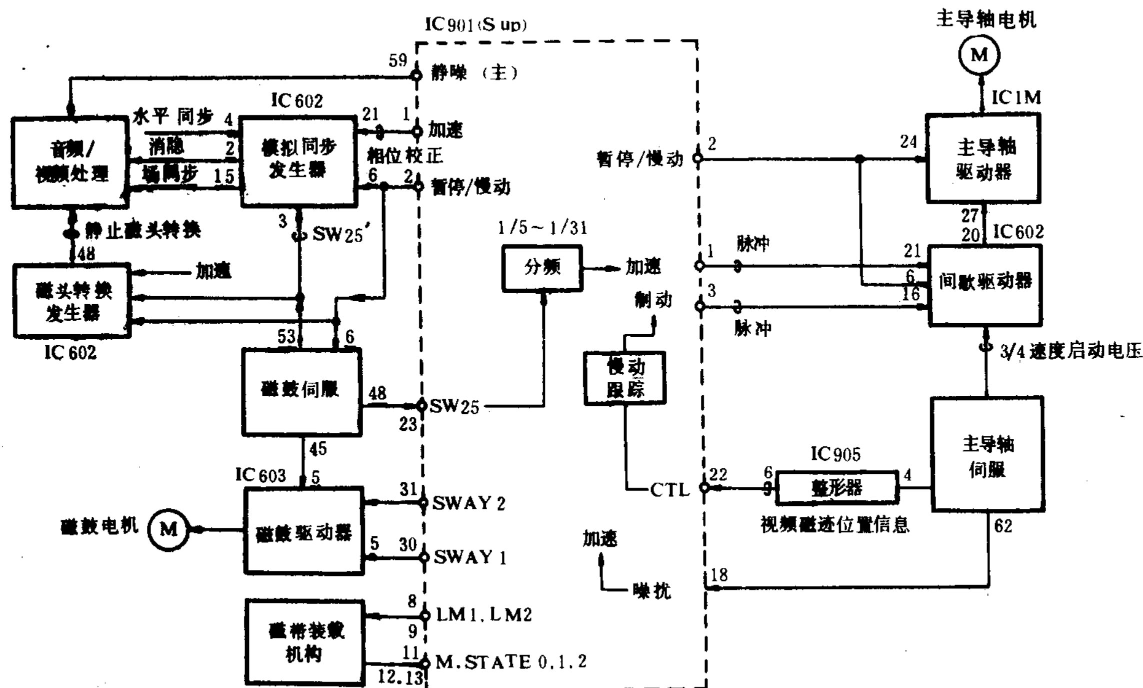


图 11—67　静像和慢放控制系统方框图

在特技重放工作状态，控制系统微机 IC901 第㉓脚接受从伺服电路输入的 25Hz 开关信号，它表示了视频磁头的位置；第㉒脚接受表示磁带上视频磁迹开始位置的 CTL 脉冲信号；第⑱脚接受静像噪声检测信号。IC901 按照特技重放的工作时序，输出 5 个控制信号，控制电机（鼓和主机的）伺服电路、音频、视频电路协调工作，完成高质量的特技重放功能。

在静像和慢放状态时的工作情况为：

① 第㊾脚线路静噪（LINE　MUTE）端输出高电平，截止射频调制器和音频输出插座上的音频输出。

② 第②脚暂停/慢放（PAUSE/SLOW）端输出高电平，启动模拟场同步信号、静止磁头转换脉冲发生器和间歇驱动器，将磁鼓转速设定为 1494 转/分。

③ 第①脚加速控制口（ACCEL）输出控制脉冲信号，以校正静像及帧进期间磁带的运行和停止的位置。

④ 第㉚脚输出磁鼓转速校正控制信号，将磁鼓转速设定为适当值。

⑤ 用第①和第③脚输出加速和制动信号提高帧进期间和制动期间主导电机的驱动电压。这二种信号间歇地驱动主导电机，使帧进动作和暂停交替进行，磁带速度可由标准速度的 1/5 到 1/30 的范围内变化。

2. 间歇驱动电路

尽管 427E 采用了三磁头，而且加宽了磁头缝隙宽度（均为 65μm），使它大于标准视频磁迹

宽度 49μm，静像时磁头扫描磁迹拾取的包络亏损要小一些，但是由于静放时磁头扫描仍要跨越一条磁迹，为了得到无噪声的图像，427E 应使磁头停在磁带的适当位置，使二个磁头扫描磁迹的起始段和结尾段稍稍偏离 A 磁迹，而中间有效图像磁迹段包络不亏损，这就需要有图像噪声检出电路并可产生精确的主导轴间歇驱动脉冲。图 11—68 是 427E 的间歇驱动电路。

图 11—68　间歇驱动电路

427E 噪声检出电路在 IC601 内。当磁带于暂停状态停止在正确位置时，噪声检测电路在 IC601(62)脚输出低电平，反之输出高电平。它反映了暂停期间磁迹跟踪的优劣。该机通过计数器定时计算有效扫描行的图像信号行同步脉冲个数来判别，在跟踪不良的情况下，图像的行同步信号必定有丢失，据此可以反映静像跟踪状态。

从 IC601(58)脚输入的复合同步信号送入集成块后，进入定时计数器，该计数器受 TACH25Hz 鼓转速脉冲的定时，在此脉冲后的 3.5ms，计数器才开始计数行同步脉冲的个数。因为 TACH 脉冲后是场消隐期，对应着磁迹的起始位置，一直数到下一个 TACH 脉冲来到之前 3.5ms 才停止计数。在这期间如果行同步脉冲的个数是正确的，或脉冲个数丢失小于 3 个，表明图像信号的有效扫描段没有丢失，信号即图像没有噪声带；反之如果丢失的脉冲数大于 3 个，表示图像有噪声，就要调整磁带的停止位置，计数器开始和停止计数的定时时间由接于 IC601(57)脚上的 RC 外电路的时间常数决定。IC601 的噪声检测电路从第(62)脚输出供给 IC901 的第⑱脚。需要调整时，IC901 的第①、③脚先后产生加速和制动脉冲使主导电机带动磁带前进 1 帧，再重新停止，调整磁带的停止位置。

427E 录像机在重放跟踪调整良好的情况下，从标准重放速度转换成静像时，IC901 发出的制动脉冲定时是很准确的，一般第 1 次制动主导轴就使磁带停止在期望位置，实现无噪声的静像。这时 IC601(62)脚输出低电平，反之 I601(62)脚输出高电平。

当 IC601(62)脚输出的高电平输入 IC901⑱脚时，IC901 微处理机的第①、③脚产生加速和制动脉冲信号。在主导电机加速期间，第①脚的加速脉冲信号变高。它经 IC602㉑脚输到集成电路内部的加速/制动开关上。该开关也受制动脉冲的作用而在第⑳脚上输出一个三态驱动电平，和 IC601⑲脚的伺服控制直流电平叠加输入主导电机驱动块。高电平为主导电机加速和制

动状态，悬浮时为IC601⑲脚伺服电平起作用；低电平为主导电机停止状态。IC901根据输入的25Hz磁头开关信号、CTL信号和噪声检测信号这些反映磁迹跟踪优劣的状态信号，输出加速控制脉冲和制动控制脉冲，通过IC602对主导电机驱动电路进行控制。IC901第③脚制动控制信号经IC602⑯脚输给集成电路内部的制动脉冲发生器。它产生一个制动脉冲，脉冲的相位由第⑰脚外电路的R647、RT605和C626时间常数决定；宽度由第⑱脚外电路R646、C627的时间常数决定。该脉冲由第⑲脚输出供给IC1601主导电机驱动器，使主导电机产生反向转矩。主导电机这时作为制动器，调整制动脉冲的宽度和相位，也就调整了磁带停止的位置。

IC901②脚输出暂停和慢放控制信号，作用于IC601⑥脚和IC602⑥脚。前者使鼓伺服电路的磁鼓转速修正为1496转/分；后者使IC602内部的加速/制动开关和制动脉冲发生器开启。

在帧进和慢放期间，427E实际上是工作于静像方式和重放进带方式交替进行状态。其原理详见第四章分析。

在静像时，主导电机还起缓刹车作用，使磁带停止位置正确。具体制动起始时间和长度可由调节IC602制动脉冲的相位和宽度来决定。如果静像时磁带停止的位置不妥，IC601噪声检测器就输出信号使磁带移动至适当位置后重新制动。

IC602还产生静止磁头切换信号，供磁头放大器CH3静像磁头的切换用。

3. 慢放时磁鼓速度瞬间校正电路

录像机重放时无论工作于何种状态，都必须使磁头磁带相对运动速度和记录时保持一样，才能得到稳定的图像，因此在鼓伺服电路中，设有正、反向搜索和静像时鼓转速的修正电路。在慢放工作方式，磁带制动和起动的二场信号磁带运动是变速的，这里也要相应调整磁鼓转速，使头、带相对速度保持不变。427E用IC901微处理机产生SWAY(摆动)1脉冲来控制校正磁鼓瞬间转速。

在帧进期间，当磁带从停止开始运动时，就要在这一场中增加磁鼓的转速。这时IC901㉚脚产生一个宽度适当的加速脉冲，经R653、RT606、D627和磁鼓伺服误差直流电压叠加，去修正磁鼓的速度，适应磁带运动的变化。见图11—69。

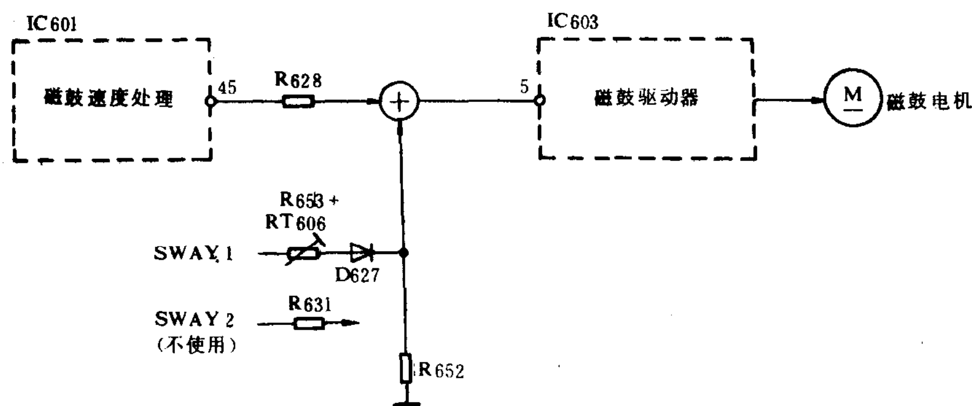


图11—69 磁鼓速度校正电路

4. 模拟(伪)场同步信号的作用和形成

前面说过，在静像工作方式，保证磁头扫描轨迹与磁带中间段磁迹重合，磁迹二端的扫描不可避免有所偏离，因而牺牲了磁迹两端信号的拾取，这就导致了场同步信号的丢失。虽然场同步不携带信息，但为了得到稳定的图像，还应当在静像时视频信号的恰当位置加入模拟场同步信号，以获得稳定的重放图像。同理在搜索和慢放状态也要产生模拟场同步信号。

模拟场同步信号由反映视频磁头位置信息的TACH25Hz信号经固定延时和可变延时后由脉冲电路产生。电路由IC601和IC602组成。在IC601内用延时后的TACH25Hz信号去触发模拟场同步脉冲发生器。它受IC601⑨脚输入的模拟场同步开关信号的控制。此控信号来自控制系统，只有在静像、慢放和搜索时输入高电平，模拟场同步脉冲发生器才工作。模拟场同步信号发生器将TACH25Hz信号的相位延时一定时间，延时量由IC601㊺脚上的外电路时间常数决定。产生的脉冲由IC601㊸脚进入IC602③脚的边缘检测电路。IC602内有专用的模拟场同步信号发生器。当IC601⑨脚是高电平，IC602⑤或6脚也为高电平时，发生器启动而工作。边缘检出器检出TACH25Hz脉冲的正向跳变沿和负向跳变沿，从而判断是CH2磁头还是CH3磁头。在静像和慢放状态，CH2磁头和CH3磁头所对应场的模拟场同步信号相对25Hz磁头开关跳变沿的延时量不同。427E使二者通过不同的相位延时单稳电路，能按照所使用的图像磁头决定模拟场同步信号的相位。前面说过，427E静像时使用一对同方位角的磁头扫描磁迹，而这对磁头在磁鼓上的安装位置不是相差180°，而是CH3在沿鼓旋转方向的空间位置上落后CH1磁头620μm，折合到时间轴上为2行周期。因此CH3磁头扫描磁迹所拾取的信号(包括场同步)都要滞后正常场同步信号位置ZH。隔行扫描要求奇偶起始行有1/2H的相差，而这里是CH2、CH3磁头重复扫描同一场磁迹，并且落后了2个整行，因此重复频率为50Hz的标准场同步脉冲既不能满足图像相邻行信号相关性的要求，又破坏了视频信号的隔行扫描。为此

图11—70　模拟场同步发生器

427EIC602内的模拟场同步信号发生器(见图11—70)设有两个相位延时单稳态电路，当CH2磁头拾取信号时，它的起始时刻对应TACH25Hz脉冲上升沿，由边缘检出器检出脉冲高电平送CH1/CH2相位单稳电路延时。其延时量由接在IC602⑫脚的外电路C_{630}、R_{643}的固定时间常数和⑪脚上的电压决定。它将模拟场同步信号的相位设置在离TACH25Hz信号边缘后约9H的位置。当CH3磁头拾取信号时，边缘检测器将高电平送CH3相位单稳电路延时，延时时间由第⑬脚的外电路C629、R644、RV702的时间常数及第⑭脚的电压决定。该电路将模拟场同步信号设置在离TACH25Hz信号下降沿的11±6Hz的范围。它可以用录像机前面板上的场同步调

整钮(V. LOCK,RV702)改变延时时间,使二个磁头拾取的图像信号能均匀镶嵌,满足隔行扫描一帧图像相邻行的相关性。

当然这时模拟场的周期是不等的,它们之间有一个 1/2H 相位偏移,以实现奇偶场起始行的同步脉冲相差 1/2H 的要求。如图 11—71。

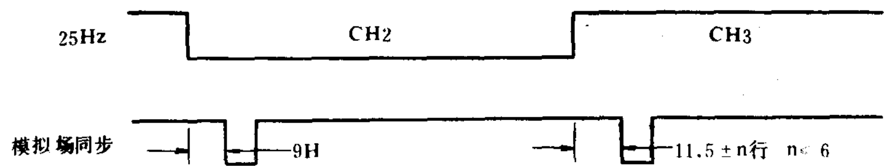


图 11—71 静像磁头切换与模拟场同步信号的关系

两个相位延时单稳态电路都去触发 3.5H 宽的场同步信号单稳电路,场同步脉冲由 IC602⑮脚输出,经过 IC204、IC202 的处理,输入 IC201⑯脚、控制静噪电路的开关,将模拟场同步脉冲插入图像信号中。

由此推论,在静像时,对于以行频为重复频率的垂直方向无变化的视频信号,如标准彩条信号,当模拟场同步可变延时电位器在一定范围变化时,静像画面不会出现垂直方向画面偏移(裂像);对于垂直方向信号变化明显的单像管信号,当电位器 RV702 调得不好,模拟场同步相位偏移最佳值较小时,静像画面的垂直清晰度会下降,并出现与偏移图像成正比的画面抖动。当相位偏移较大时,静止图像的行间相关性及隔场扫描均受到较严重的破坏,静像时单像管画面上的一条横线会裂为两条,屏幕上出现两幅图象轮廓的抖动画面。

受视频带宽的限制,VHS 录像机的水平清晰度指标一般在 250 线左右,垂直清晰度则超过此值。根据电视原理,水平清晰度与垂直清晰度相当时图像效果最佳。因此,虽然在静像时以独特的一帧信号的组成方式影响到垂直清晰度,但就整个图像的观看效果而言,其质量还是较令人满意的。

对于正、反向搜索状态,427E 仍使用 CH1、CH2 180°间隔的一对磁头,而且也不是扫描同一条磁迹,所以不存在 1/2H 相位问题。模拟场同步脉冲是间隔均匀的 50Hz 脉冲。

11.4.5 伺服电路主要集成电路实用数据

1. IC601、HD49716NT(见图 11—72 方框图)

(1) 主要功能

① 磁鼓速度和相位伺服电路处理;

② 主导轴速度和相位伺服电路处理;

③ 产生记录用 CTL 信号;

④ 产生磁头切换脉冲信号;

⑤ 静像图像噪声检出;

⑥ 静像时产生模拟场同步信号。

(2) 主要输入输出信号

① 状态转换信号:

记录重放转换:第⑪脚(记录为高电平)

慢放暂停:第⑥脚。

搜索:转换第⑮脚

主导轴反转控制:第②脚

② 输入信号:

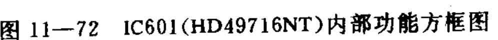


图 11—72 IC601(HD49716NT)内部功能方框图

鼓旋转开启：第⑦脚
4.43MHz 标准时钟输入：第⑧脚
模拟场同步信号开启：第⑨脚
主导轴电机 FG 信号输入：第⑫脚
重放 CTL 信号输入：第㉗脚
磁鼓测速信号输入：第㉝、㉜脚
复合同步信号输入：第㊳脚
磁鼓 FG 信号输入：第㊷脚

③ 输出信号：
慢放间歇驱动控制输出：第⑭脚
记录 CTL 信号输出：第⑯脚
主导伺服误差信号输出：第⑲脚
重放 CTL 信号输出：第㉚脚
磁鼓伺服误差信号输出：第㊺脚
25Hz 磁头切换开关输出：第㊽脚
模拟垂直同步 25Hz 输出：第㊸脚
特技重放噪声检测输出：第㊷脚

HD49716NT 各引出脚功能和参数见表 11—14。

2. IC602M54874P

主要功能：

① 产生模拟场同步信号
② 特技重放时，控制主导电机间歇驱动的；
③ 制动与加速，控制特技磁头的切换；
④ 重放和快进倒带 CTL 信号增益控制。

IC602　M54874P 各引出脚功能和参数见表 11—15。

表 11—15　　M54874P 各引出脚功能和参数表

引脚编号	在线电阻(kΩ)		主要功能	输入/输出	信号电平			主要去向	备注
	正笔	负笔			状态	直流(V)	交流(V_{P-P})		
1	6.4	2.8	特技磁头控制	出	暂停	0	4.0	IC1—①	
2	6.5	∞			暂停	4.5			
3	5.6	5.7	特技重放场模拟开关脉冲	入	暂停	2.6	4.5	IC601—㊸	
4	6.3	10	磁鼓旋转指令	入	暂停	0		IC601—⑦	
5	6.2	10	重放、搜索指令	入	暂停	2.1		IC901—⑭	
6	4.9	5	静像、慢放指令	入	暂停	5		IC901—②	
7	6.0	8.4	标准走带速度 SP 控制信号	入	暂停	3.6		IC901—㊸	
8	6.5	50	模拟垂直同步脉冲相位校正	出	暂停	1.1		IC602—⑪	

续表

引脚编号	在线电阻(kΩ)		主要功能	输入/输出	信号电平			主要去向	备注
	正笔	负笔			状态	直流(V)	交流(V_{P-P})		
9	6.4	∞				0			空
10	6.4	56				0			空
11	6.5	9.5	模拟垂直同步脉冲相位校正	入	暂停	2.3		IC602—⑧	
12	6.4	10.5	CH_2 磁头对应垂直同步脉冲相位校正	入	暂停	2.5		C630→R640	
13	6.3	10.5	CH_3 磁头对应垂直同步脉冲相位校正	入	暂停	0		RV702	
14	6.3	10.3	垂直同步脉冲宽度调整	入	暂停	0		C628→R645	
15	6.5	46	模拟垂直同步脉冲	出	暂停	0		IC201—⑯ IC204—②	
16	5.7	5.8	慢放制动指令脉冲	入	暂停	0		IC901—③	
17	6.3	10.5	慢放跟踪相位预设	入	暂停	0		RT605	
18	5.3	10.3	慢放制动脉冲宽度预设	入	暂停	0.3		C627、R646	
19	5.3	9.5	制动反转(对主导)脉冲	出	暂停	0.4		IC1601—㉕	
20	6.3	24	加速/制动(对主导)脉冲	出	暂停	2.7		IC1601—㉗	
21	5.7	5.8	慢放加速脉冲	入	暂停	0		IC901—①	
22	50Ω R×10	50Ω R×10	SP 标准走带速度跟踪预设	入	放	5.2		RT602	
23	6.5	11	2 倍 SP 走带速度跟踪预设	入	放	0		空	
24	6.5	11	LP 走带速度跟踪预设	入	放	0		空	
25	6.5	11	2 倍 LP 走带速度跟踪预设	入	放	0		空	
26	50Ω R×10	50Ω R×10	5V 电源	入	放	5.2		5V 电源	
27	6.4	53				0		空	
28	50Ω R×10	50Ω R×10	磁头相位调整	出	放	5.2		IC601—㊻	
29	5.2	5.7	重放 CTL 信号入	入	放	1.6		PG401—①	
30	5.2	5.7	重放 CTL 信号入	入	放	1.6		PG401—②	
31	4.8	5	重放 CTL 信号出	出	放	2.6	0.15	IC601—㉗	
32	0	0	地					地	

表 11—14　　HD49716NT 各引出脚功能和参数表

引脚编号	在线电阻(kΩ)		主要功能	输入/输出	信号波形	信号电平			主要去向	备注
	正笔	负笔				状态	直流(V)	交流(V_{P-P})		控制阈域：V_{TH}，高电平阈域 V_{THH} 低电平阈域 V_{THL}
1	5.8	5.7	搜索速度控制	入	直流		0		通过 R611 接地	控制阈值 $V_{TH}=2.5V$(未用)
2	5.8	5.7	主导反转控制入刹车制动出	入/出	直流/脉冲	倒带	4.4		PG605—③　IC901—⑩	反转控制阈值 $V_{TH}=2.5V$，刹车脉冲输出幅度大于 4.0V
3	5.2	5.5	组合编辑控制	入	直流		0		IC901—㊼	控制阈值 $V_{TH}=2.5V$ 高有效
4	0.05	0.05	内部参考21/25Hz 发生器复位	入	直流		5		5V	$V_{THH}=3.3V$ 一般为高，低于 V_{THL} 为关 $V_{THL}=1.7V$ 中间值为预设
5	5.8	5.7	参考 25/21Hz 输出	出	脉冲	重放	3.2	5	空	25ms 15ms 5V
6	4.9	5.0	暂停、慢放控制输入高有效	入	直流	重放	0		IC901—②	$V_{TH}=2.5V$
7	5.4	6.1	鼓旋转指令输入低有效	入	直流	重放	0		IC901—④ IC901—⑤ 经 QR602 反向	$V_{TH}=2.5V$
8	5.8	5.7	4.43MHz 时钟输入	入	正弦波	重放	2.5	0.34	IC301—⑬	要求输入幅度大于 100mV
9	5.5	5.5	特技重放控制输入	入	直流	重放	0		IC901—②　IC901—⑭	$V_{TH}=2.5V$
10	5.8	5.8	重放 CTL 检测输出	出	脉冲	重放	2.1	4	空	正常　反
11	5.2	5.3	记录/重放状态转换控制	入	直流	记录	5.0		IC901—⑤	$V_{TH}=2.5V$
12	5.2	6.5	主导 C·FG 速度比较信号	入	脉冲	重放	2.5	5	IC1601—㉒	$V_{TH}=3.2V$，$V_{THL}=1.8V$
13	5.8	5.7	主导电机运行控制	出	直流	放	0		IC1601—㉔	
14	4.9	5.0	主导电机速度调整，同步	入	直流	放	0		IC901—②	$V_{THH}=3.3V$　$V_{THL}=1.7V$
15	5.7	5.7	搜索控制输入	入	直流	放	0		IC901—⑭	$V_{TH}=2.5V$
16	5.2	5.7	记录 CTL(+)输出	出	脉冲	记录	0.3	4.2	PG401—②	

续表

引脚编号	在线电阻(kΩ)		主要功能	输入/输出	信号波形	信号电平			主要去向	备注
	正笔	负笔				状态	直流(V)	交流(V_{P-P})		控制阈域：V_{TH}，高电平阈域 V_{THH} 低电平阈域 V_{THL}
17	5.2	5.7	记录 CTL(－)输出	出	脉冲	记录	4.6	4.2	PG401—①	
18	0.05	0.05	电源输入 IC 内逻辑部分供电	入	直流	放	5.2			逻辑部分供电
19	5.7	5.6	主导伺服误差电压	出	直流	放	2.7		IC1601—㉗	
20	5.6	5.6	主导伺服驱动标准电压	出	直流	放	2.4		IC1601—㉔	
21	5.7	5.7	主导环路放大器反馈输入端	入	直流	放	2.5			
22	5.7	5.6	主导环路加法器滤波	入	直流	放	1.8		交流接地	
23	5.7	5.7	主导相位伺服误差电压	入	直流	放	2.5		IC601—㉔	
24	5.7	5.6	主导相位伺服误差 PWM	出	脉冲 PWM	放	2.6	5.1	IC601—㉓	
25	0.05	0.05	电源输入	出		放	5.2			IC 模拟部分供电
26	5.7	6.4	主导速度伺服误差 PWM 滤波	出		放	2		交流接地	
27	5.7	6.6	重放 CTL 输入	入	脉冲	放	2.4	0.8	IC602—㉛	
28	5.7	6.7	重放 CTL 放大反馈电路	入		放	2.6		交流接地	
29	5.7	6.7	重放 CTL、AGC 检测	出/入		放	2.2			
30	5.7	6.6	重放 CTL 放大后信号输出	出	脉冲	放	2.6		IC905—④	
31	5.7	6.7	TACH 极性(转速脉冲选择)	入	直流	放	0		接地	
32	5.4	6.2	TACH(－)	入	脉冲	放	2.1	30m	PG904—⑨	
33	0.3	0.3	TACH(＋)	入	脉冲	放	2.2	30m	PG904—⑩	
34	5.7	5.6	TACH	出		放	1.8			
35	5.7	5.5	鼓速度伺服误差 PWM 滤波	出		放	2.2		交流接地	
36	5.7	5.6	鼓相位伺服误差 PWM 输出	出	直流	放	2.8	0.35	IC601—㊷	
37	5.7	5.6	PLL 行同步发生器	出		放	0		空头	未用
38	5.7	5.6	PLL 行同步发生器	出		放	2.6		空头	未用

续表

引脚编号	在线电阻(kΩ)		主要功能	输入/输出	信号波形	信号电平			主要去向	备注
	正笔	负笔				状态	直流(V)	交流(V_{P-P})		控制阈域：V_{TH}，高电平阈域 V_{THH} 低电平阈域 V_{THL}
39	5.7	6.3	参考电压 1	出	直流	放	2.6		IC603—⑥	
40	5.7	5.6	参考电压 2	出	直流	放	2.5			
41	4.1	5.6	鼓速度伺服滤波			放	2.0			
42	5.6	5.7	鼓相位伺服误差输入加法器	入	直流	放	2.4		IC603—㊱	
43	5.7	5.7	鼓误差放大器反馈输入	入			2.4			
44	5.7	5.5	参考电压	出	直流	放	2.5			
45	5.7	5.6	鼓伺服误差输出	出	直流	放	2.7		IC603—⑤	
46	0	0	接地模拟电路部分	出			0			
47	0	0	接地逻辑电路部分	出			0			
48	4.9	6.1	25Hz 磁头开关脉冲	出	脉冲	放	2.6	5	IC901—㉓ IC1—② IC301—⑮，	
49	5.4	5.8	CTL 掣引控制	入	直流	放	0		I901—⑯	V_{TH}=2.5V、H27.5% L 60%
50	0	0	鼓电机速度调整	入	直流	放	0		接地	未用
51	0	0	测试信号	入	直流	放	0		接地	未用
52	5.8	6.9	行同步信号发生器			放	0			空
53	5.6	6.8	特技重放 25Hz 输入	入	脉冲	放	0		IC602—③	
54	5.8	6.8	模拟垂直脉冲宽度	出	脉冲	放	0			
55	5.7	6.8	相位	出	脉冲	放	0			
56	5.7	6.6	磁头开关相位调整	入	脉冲	放	0	2.5	IC602—㉘	
57	5.7	6.7	噪声检测禁门时亮	出	脉冲	放	1.2	2.8		
58	5.7	6.7	复合同步信号输入	入	脉冲	放	1.7	1	IC201—③	
59	0.05	0.05	CTL 参标延时单稳	出	脉冲	放	5.2	2.8		

续表

引脚编号	在线电阻(kΩ)		主要功能	输入/输出	信号波形	信号电平			主要去向	备注
	正笔	负笔				状态	直流(V)	交流(V_{P-P})		控制阈域：V_{TH}，高电平阈域 V_{THH} 低电平阈域 V_{THL}
60	5.7	6.7	重放跟踪控制	入	脉冲	放	0	2.8	RV703	
61	5.7	6.7	鼓 FG 信号	入	脉冲	放	2.7	4.4	IC603—⑩	
62	5.8	6.3	静像噪声检出	出	脉冲	放	2.0	5	IC901—⑱	
63	5.4	5.7	加载 CTL 截止	入		放	0		IC901—⑦	
64	3.2	3.2	SP 方式选择	入	直流	放	5.0			

3. IC603 HA13403V(见图 11—73 方框图)

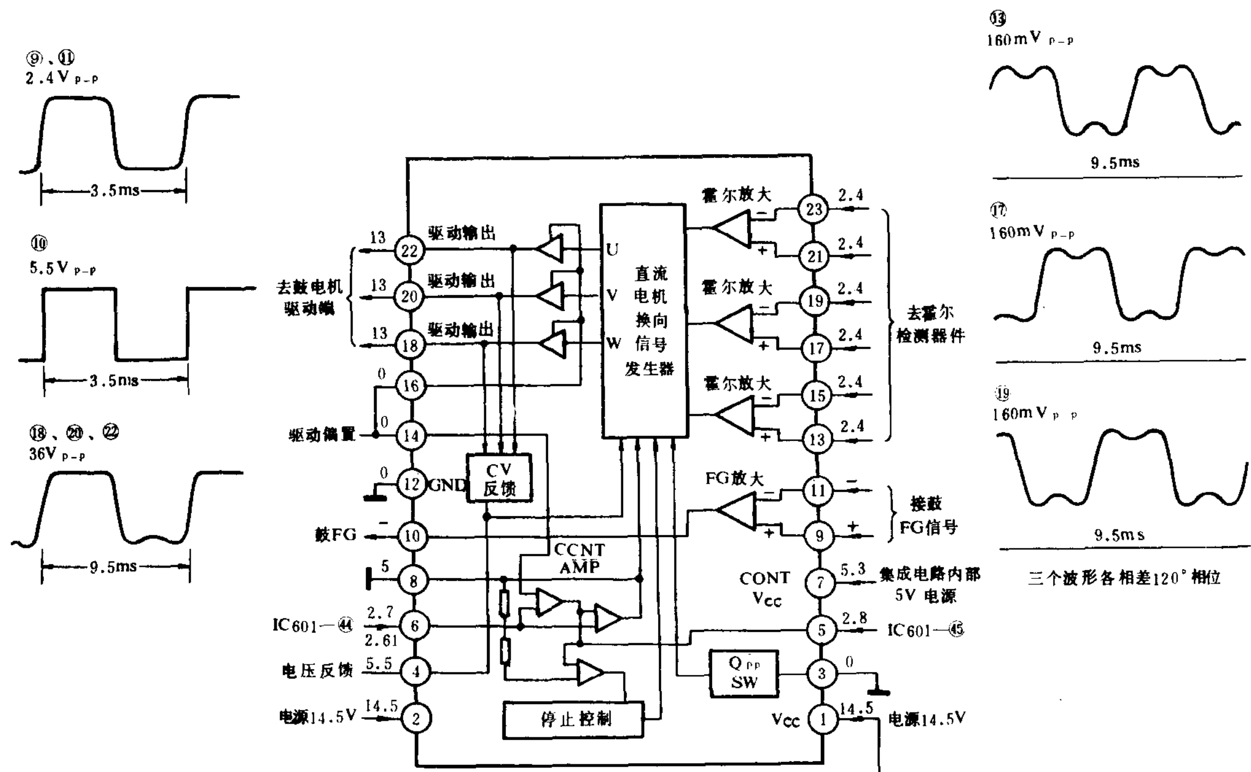


图 11—73 IC603(HA13403V)内部功能方框图

主要功能:

① 磁鼓 FG 信号放大;

② 依据鼓电机内霍尔器件检测到的位置信号,将直流供电变换成三相交流电供给鼓电机绕组,驱动其运转;

由 IC601 送来的磁鼓伺服误差信号,控制磁鼓的旋转速度和相位。

HA13403V 各引出脚功能和参数表 11—16。

表 11—16 HA13403V 各引出脚功能和参数表

引脚编号	在线电阻 kΩ 正笔	在线电阻 kΩ 负笔	主要功能	输入/输出	信号电平 状态	信号电平 直流(V)	信号电平 交流(V_{P-P})	主要去向	备注
1	4.8	12	电机直流供电电源	入	重放	14.5		Q606→A18V	
2	4.8	12	电源	入	重放	14.5		Q606、A18V	
3	0	0	正反向切换控制	入	重放	0		接地	427E 恒接地,鼓不反转
4	1.8	1.8	电压、电流负反馈	入	重放	5.2	0.4	R655→地	
5	7.2	7.2	磁鼓伺服误差控制信号	入	重放	2.7		IC601—㊺	
6	5.7	6.5	伺服基准电压	入	重放	2.5		IC601—㊹	
7	50Ω R×10	50Ω R×10	集成电路内部 5V 电源	入	重放	5.2		5V	

引脚编号	在线电阻 kΩ		主 要 功 能	输入/输出	信号电平			主要去向	备 注
	正笔	负笔			状态	直流 (V)	交流 (V_{P-P})		
8	6.9	7.8	旁路电容接地	出	重放	4.7		交流接地	
9	6.7	50	鼓 FG 信号(－)	入	重放	2.3	2.4	PG143—⑦	
10	6.4	20	鼓 FG 信号放大后	出	重放	2.9	5.5	IC601—61	300Hz 方波
11	6.7	90	鼓 FG 信号(＋)	入	重放	2.9	2.4	PG143—⑤	
12	0	0	接地		重放	0		接地	
13	0.4	0.4	霍尔(W)信号(＋)	入	重放	2.2	160m	PG143—④	
14	0	0	电流负反馈	入	重放	0		R659→地	
15	0.4	0.4	霍尔 W 信号(－)	入	重放	2.2	160m	PG143—⑥	
16	0	0	电流负反馈	入	重放	0		R659→地	
17	0.4	0.4	霍尔 V 信号(＋)	入	重放	2.2	160m	PG143—①	f=105 HZ
18	3.5	3.5	鼓电机 W 绕组驱动	出	重放	10	6	PG143—⑭	f=105 HZ
19	0.4	0.4	霍尔 V 信号(－)	入	重放	2.2	160m	PG143—③	
20	3.5	3.4	鼓电机 V 绕组驱动	出	重放	10	6	PG143—⑬	与⑱、㉒脚相差 120°相位
21	0.4	0.4	霍尔 U 信号(＋)	入	重放	2.2	160m	PG143—⑧	
22	3.5	3.4	鼓电机 U 绕组驱动	出	重放	10	6	PG143—⑮	与⑱、⑳脚相位差 120°
23	0.4	0.4	霍尔 U 信号(－)	入	重放	2.2	160m	PG143—⑫	

4. 主导轴电机

因集成电路 IC1601、M54680FP 是装配在主导电机上一块不易拆卸的电路，所以在实用数据介绍时，我们介绍主导电机各引脚的功能和参数。这样更实际一些。

427E 主导电机(插座 PG1605)各引出脚功能和参数见表 11—17。

表 11—17　　主导轴电机插座 PG1605 各引出脚功能和参数表

编号	在线电阻(kΩ)		主 要 功 能	输出/入	信号种类和大小直流平均值	备注主要去向
	正笔	负笔				
1	6.0	8.2	主导测速脉冲	出	旋转时输出 $5V_{P-P}$ 脉冲，旋转 2.6V/停止 5V	IC601—⑫ IC901—㉝
2	6.0	8.0	主导电机工作方式控制	入	直流、走带伺服方式 0V/其他状态 4.7V	IC901—㉙
3	6.0	8.0	旋转方向控制	入	直流、倒带、反搜索 4.5V/其他状态 1.9V	IC901—⑩
4	5.6	6.0	基准参考电平	入	直流 2.4V	IC601—⑳

编号	在线电阻(kΩ)		主 要 功 能	输出/入	信号种类和大小直流平均值	备注主要去向
	正笔	负笔				
5	11.5	11.6	电机运行速度控制	入	直流停止 0V/走带、搜索 2.7V/快进倒带 3.8V	IC601—⑲，IC602—㉑ IC901—㉙
6	6.2	18.5	非伺服方式速度控制	入	直流、电压见 13—18	IC901—㉕、㉖、㉗
7	35Ω R×1	35Ω R×1	5V 电源	入	直流 5.2V	电源 5V
8	0	0	接地点		0	接地
9	20Ω R×1	∞	空头		直流倒带快进 1.4V/其他 2.0V	
10	14Ω R×1	150	A19V 电源	入	直流 18V	Q670 稳压器
11	17Ω R×1	0.2	转矩 AGC 检测控制	入	直流搜索状态 2.5V/其他 0V	QR603

11.5 VT—427E 的控制与定时系统

11.5.1 概述

1. 427E 控制系统的任务

80 年代由于微电脑技术的发展，录像机的控制系统设计进入了一个全新的阶段，除了传统的控制功能外，又增加了定时编程记录、电视频道自动调谐、红外无线遥控、无噪声带静像、帧进、慢放、搜索等多种功能，并使这些操作简便、可靠。427E 的前身 426E 开发时正是 80 年代中期微处理机技术迅速发展的时期，作为日立公司为录像机配套开发的第二代单片微机 HD614088 不仅很好地替代了 VT—340、VT—660 的 HD38825 系列微机，而且加强了微机硬件、软件功能，具有以前 340 所没有的自动扫描调谐、可变速慢放、断电记忆、节目索引、无噪声锁定静像等一系列很有实用价值的功能。此外还具有一些 427E 整机未用而为下一代录像机开发预留的控制软件功能，如 LP 长时间(慢速)记录重放功能，磁带剩留量显示功能等。因此本节在介绍 427E 控制系统的同时，顺便将 427E 整机所未用的但是微机控制系统所具备的功能也概述一下，使读者在明白了 427E 的控制原理以后，对其它录像机的控制原理能举一反三，分析对比。

2. 427E 控制系统的组成

427E 的控制系统包括，键盘和遥控命令输入、多功能显示器、动力传动器件、各种状态检测传感器和单片微机系统等几大部分。其中单片微处理机是控制系统的核心，是信息存储加工和指挥的中心。427E 采用二片 64 引脚的单片微处理机，即系统控制微处理机(HD614088SB—IC901)和定时调谐微处理机(M58954—672SP—IC701)。HD614088 是单电源四位微处理机，内存 ROM 容量 8K×10bit，RAM 容量 0.5K×4bit，有 58 个输入输出口，64 条引出脚，时钟频率为 4MHz，主要完成录像机状态的检测和控制信号的输出。M58954 为双电源微机，主要完成输入命令的检测、译码、定时记录、调谐控制和状态显示。两块微机之间使用串行通信方式交换信

息。可参见图 6—1 了解其相互组成关系。

3. 427E 的微处理机功能

(1) 系统控制微处理机的功能

① 根据两种输入键盘(前面板功能开关、遥控功能开关)和定时器的输出,将机心、伺服、音频、视频及电源电路等设定为相应的工作状态。

② 当录像机有故障时,根据机心和伺服电路状态传感器所检测出的输出信号,将录像机置于停止或电源断开状态,以防止录像机和磁带的不正常动作。

③ 将录像机的工作状态、磁带的运行状态(磁带速度)、磁带停止记忆、计数器显示(剩余时间)等信息传送到定时调谐微机(IC701),以驱动各种指示灯和数字式多功能显示器。

④ 在慢放期间接受磁头开关脉冲 SW25(Hz)和控制脉冲以调整磁带的间歇驱动时间,并校正磁鼓速度。

⑤ 在快进、倒带、磁带松弛等工作状态动作期间,产生为驱动主导电机所对应的电压。这电压是由 3bit 控制信号通过电阻网络经过了数字/模拟转换产生的。

⑥ 在记录一个节目的开始时刻约 2 秒钟,将记录 CTL 信号的占空比从标准的 60%改变为 27.5%,作为磁带上节目片头地址标记(称为索引信号)。然后再恢复为 60%占空比记录 CTL 信号。这样,在快进/倒带状态时,IC901 可以根据索引信号控制录像机,使操作者很快找到所需节目起始地址。

⑦ 装载和特技重放期间截止音频信号。

⑧ 在装载动作期间截止重放的图像信号的输出(静噪功能)。

⑨ 控制磁带的运行方向。

⑩ 用主导电机的动力控制磁带的插入/排出动作。

(2) 定时/调谐微处理机功能(见表 11—18)

表 11—18　　定时器微处理机功能表

时钟	现在时刻显示 现在时刻设定 时钟计数(也在停电期间)
即时录像定时器	开动时间,录像长度,设定收视频道 录像执行,剩余时间计数(427E 不用) 剩余时间显示(427E 不用)
定时程序录像	程序写入(用本机键和遥控键) 程序读出 程序清除 执行预设程序 用 VPS 代码控制程序录像(427E 不用)
频道选择	自动调谐 频道升/降 直接频道选择 频道显示

数字多功能显示	录像机状态显示 时钟显示 日期显示 程序指示 计数器显示 频道显示 (剩余磁带时间显示 427E 不用)
信息通信	系统控制微处理机 调谐微处理机(F.S),EAROM,(VPS 解码器 427E 不用)
遥控输入	接受遥控输入编码
电键输入	定时器微处理机输入键 调谐输入键 系统控制微处理机输入键
发光二极管显示	操作,音频转录显示
停电	停电检出,停电期间的处理 恢复处理
其他	音频输出选择 蜂音器输出

① 检出前面板上所按下的操作键或来自遥控发射器的红外遥控指令进行译码,将指令分成功能指令和定时器调谐指令。前者送到系统控制微处理机以决定录像机的工作状态;后者供定时/调谐微处理机执行时钟/定时器的程序编制/检查和频道转换。

② 对于调谐系统,产生波段转换信息和调谐电压控制用的 PWM(脉冲宽度调制)信号,并将波段转换信息传送到波段解码器,将 PWM 信号传送到调谐电压发生器。

③ 接收系统控制微处理机经由通信总线传送的工作状态信息和有关磁带状态,计数器等信息,以驱动前面板上各种指示灯和数字多功能显示器。

④ 监测电源频率以检出停电,并保持现在实时时钟。停电发生时,定时/调谐微处理机将各种指示灯和数字式多功能显示器断开,并将微机系统的时钟频率由 4.0MHz 改变为 32kHz,以减少微机的功耗。停电时期利用 32kHz 的标准时钟频率以维持现在实时时钟,即正确计时时钟。

⑤ 驱动数字式多功能显示器。

11.5.2 串行数据通信

427E 使用两片微处理机 IC901 和 IC701 实施各种控制系统功能,接收各种命令,读出各种检测信号,然后控制录像机的所有动作。两片微处理机之间既分工又互相联系,不断交换信息。IC701 将输入的操作指令传给 IC901,由它输出信号去控制录像机动作。IC901 将录像机即时所处的工作状态、磁带计数器数值传给 IC701,使其判断输入的操作指令是否有效。同时将工作状态通过多功能显示屏显示。图 11—74 表示 IC901 与 IC701 之间的通信总线构成。它采用 4 根通信线实现双向串行通信,其中 CLOCK(时钟)线(S→TI)为通信同步时钟脉冲,控制通信的起动和数据的读出;DATA 线(TI→S)为 IC701 向 IC901 的数据传送线;DATA 线(S→TI)和 COUNT DATA 线(S→TI)为 IC901 向 IC701 的数据传送线,两者可以双方向同时传递信息,每16bit 数据组成一帧,每帧周期为65.28ms。两片微机受各自独立非同步时钟信号(4.0

MHz)运行，靠数据通信被设置于相同工作状态。

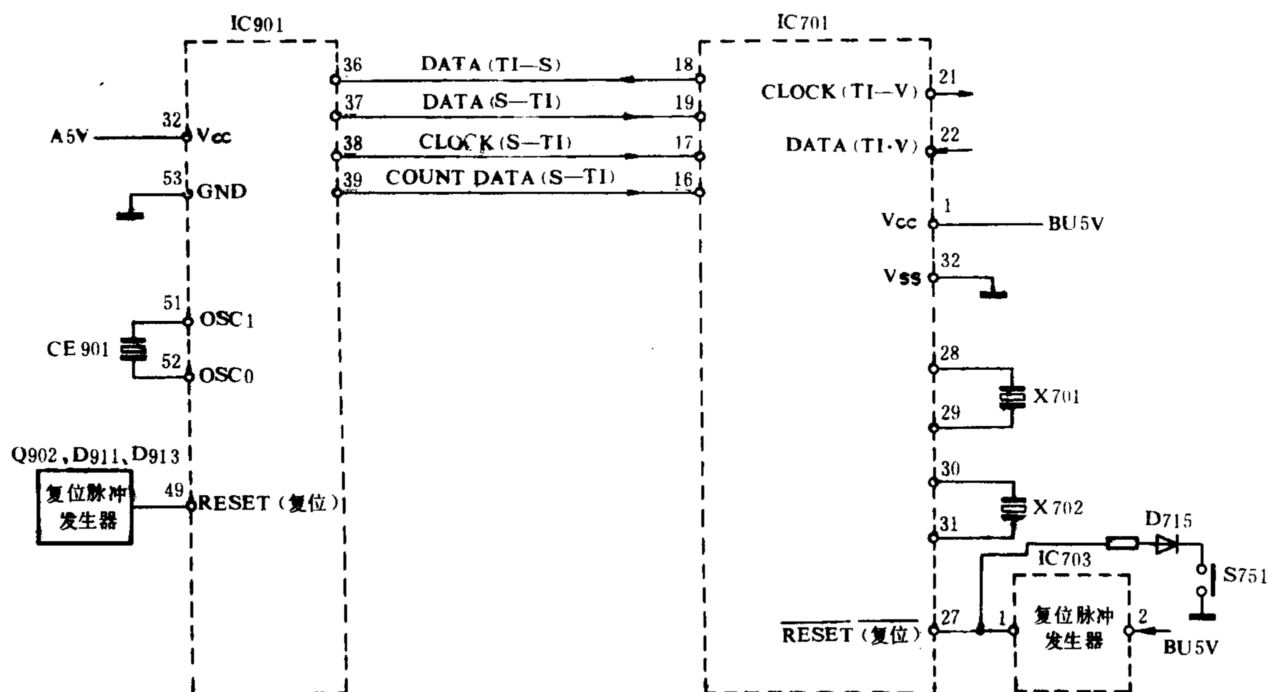


图 11—74 系统控制通信总线构成

系统控制微处理机 IC901 用的时钟频率是 4MHz，由连接于 IC901⑤①、⑤②脚之间的陶瓷振子 CE901 和内部振荡电路产生。当录像机一接上电源，IC901 就有电源接通，第④⑨脚复位输入端输入一个正脉冲使 IC901 启动，第③⑧脚就输出 CLOCK 通信时钟信号，微机之间的通信开始。

定时/调谐微处理机使用两个时钟信号，一个是频率为 4MHz，由接在 IC701㉘、㉙脚的 4MHz 陶瓷振子×701 和内部的振荡电路产生。在正常供电情况下 IC701 都使用这个时钟频率运行。和 IC901 一样，当电源一接上，IC701㉗脚上输入复位脉冲而起动，串行数据通信就开始。

图 11—75 表示 IC901 和 IC701 串行通信的时序关系，传输过程是这样进行的：IC901③⑧脚 CLOCK 线向 IC701⑰脚传送通信时钟脉冲。它是信息传输线的控制线，数据线信息的发送和接受都要同步于该时钟信号。

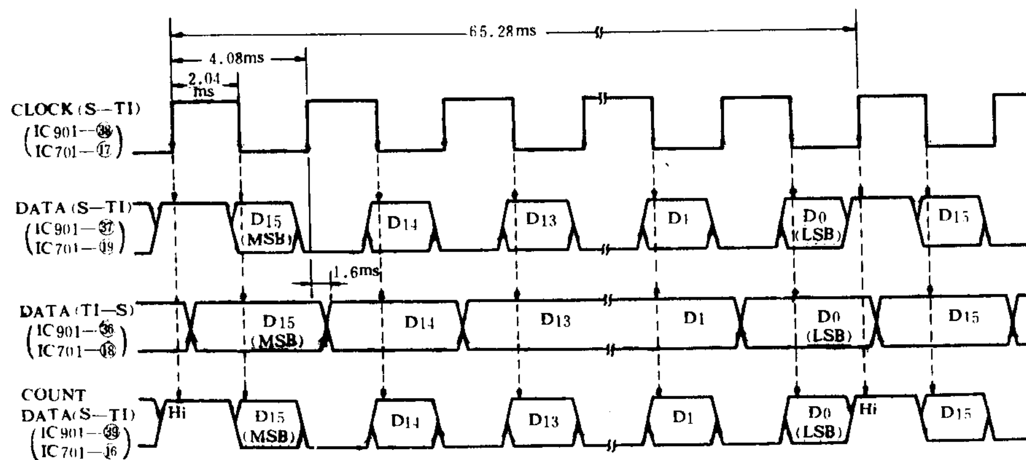


图 11—75 两微机间串行通信时序图

由 IC901 向 IC701 发送一个通信开始信号，在 CLOCK 时钟的上升沿时刻，IC901 第㊲、㊴脚信息线同时传输高电平信号，表示通信开始。它去复位 IC701 第⑱、⑲脚接收端的数据缓冲器，使数据缓冲器作好接收数据的准备；等接着在通信时钟脉冲的高电平期间，IC901㊲、㊴脚分别完成第一 bit 信息设置，以高低电平的形式置于输出口上，传输二进制信息；IC701 由时钟信号控制数据接收输入口，当第⑰脚收到的时钟脉冲处于下降沿时，由第⑲、⑯脚读取信息。第 1bit 传输结束后，在下一个时钟周期低电平期间，IC901 将信息线设定为低电平状态，一直到时钟脉冲的上升沿过去之后。在时钟脉冲高电平状态，IC901 将下一位传输的信息送到第㊲、㊴脚上，开始第 2bit 信息的传输。IC701 又在时钟脉冲的下降沿读取数值，周而复始，一直到 16bit 信息传输完毕。427E 串行信息先传输编码信号的最高位 MSBD15，最后传输的是最低位 LSBD0。427E 只有在传输最高位 MSB 的前期，其对应的时钟周期上升沿信息线是高电平，发送开始信号，表示 1 帧数据串开始。传输其他信息位时，时钟脉冲上升沿都为低电平状态。

IC701 向 IC901 传输原理相同。IC701 的第⑱脚向 IC901 传输 16bit 的编码信息，它以第⑰脚接收的通信 CLOCK（时钟）信号为时间基准。传输最高位时，时钟脉冲的上升沿发送起动信号（高电平），其他位的传输周期，时钟脉冲上升沿都为低电平。其最高位 MSB 的传输和 IC901 的最高位是同步进行的，因此两片微机之间的双向通信传输是成帧同步的。427E 中两微机之间的串行通信脉冲是连续不间断的，电源一开启，复位脉冲有效触发微机以后就开始，帧与帧之间就靠通信开始信息来识别。

由 IC701⑱脚发送，IC901㊱脚接收的一对数据线，传输的是操作者输入的工作指令信息。用户使用录像机面板按键或红外遥控器的按键，由 IC701 接收，根据录像机当时的状态，判定其是否有效。无效的不作反应，有效的将其编成串行通信要求的二进制 16bit 数码进行传输。传输信息的二进制编码如表 11—19、11—20 所示。

表 11—19　　DATA（TI—S）用的通信编码（D0～D5）

D2 D1 D0 → / D5 D4 D3 ↓	0 0 0 0	1 0 0 1	2 0 1 0	3 0 1 1	4 1 0 0	5 1 0 1	6 1 1 0	7 1 1 1
0　0 0 0	停电				电源断开	电源接通	数字 9	数字 8
1　0 0 1	数字 7	数字 6	数字 5	数字 4	数字 3	数字 2	数字 1	数字 0
2　0 1 0					定时器指标	电源触发器	数字式图像效果触发器	
3　0 1 1								进帧
4　1 0 0	停止	按键断开	倒绕	快进	图像中图像	多路选通	暂停触发器	数字式图像效果取消
5　1 0 1	录像	计数器/剩余触发器	放像	向后寻像		存储触发器		慢
6　1 1 0	向后寻像	向前寻像	取带	冻结触发器	慢跟踪上升	慢跟踪下降	E 240/ E 180	
7　1 1 1	重演	中央复原	慢速下降		图像转录	声音转录	慢速上升	不动作

表 11—20　　DATA(TI—S)用的通信编码(D6～D15)

D7　D6	—0	—1	0—	1—
存储信息	指标断开	指标接通	定时器断开	定时器接通

D9　D8	—0	—1
存储信息	多重指标手动	多重指标自动

D11　D10	00	01	10	11
存储信息	—	SP	LP	EP

D13　D12	—0	—1	0—	1—
存储信息	电视	录像机	静噪断开	静噪接通

D15　D14	—0	—1	0—	1—
存储信息	模拟器断开	模拟器接通	调谐器输入	线路输入

427E 把 16bit 的低 6 位码，组成一页。每页可以编码 64 个工作状态指令，如表 11—19。目前微机编码只用了其中的一部分码元，427E 录像机用的实际编码还要少一些，表 11—19 所示有些编码指令没有使用。

表 11—20 所列 5 个表格的指令和表 11—19 所列指令是并列的，即 427E 除了选择表 11—19 的指令外，还要选择表 11—20 的 5 种指令。427E 从 D6 位开始到 D15 位的 10 个 bit，每二位分为一组，每组可以有四种编码，427E 也仅使用了其中的一些编码。

由 IC901㊲脚发送，IC701⑲脚接收的数据通信是 IC901 向 IC701 传输录像机工作状态信息。表 11—21、11—22 表示了它的二进制编码内容，其编码结构和上一组信息线相似。

表 11—21　　DATA(S—TI)用的通信编码(D0～D5)

D2 D1 D0 / D5 D4 D3	0 0 0 0	1 0 0 1	2 0 1 0	3 0 1 1	4 1 0 0	5 1 0 1	6 1 1 0	7 1 1 1
0　0 0 0			电源断开倒带			定时器接通		
1　0 0 1								
2　0 1 0	停止	快进	倒带			录像	图像转录	放像
3　0 1 1	向前搜索	向后寻像	慢		声音转录		反向	电源断开
4　1 0 0	停止一暂停			录像暂停	图像转录暂停			静止
5　1 0 1				进帧暂停				停止一结露
6　1 1 0								
7　1 1 1								电源断开结露

表 11—22 DATA(S—TI)用的通信编码(D6～D15)

D7 D6	00	01	10	11
存储信息	磁带运行	磁带始端	磁带末端	没有磁带

D9 D8	0—	1—
存储信息	安全舌已缺	安全舌完整

D11 D10	00	01	10	11
存储信息	—	SP	LP	EP

D14 D13 D12	000	001	010	011	100	101	110	111
存储信息	数字式图像效果断开	冻结	镶嵌图	上色	图像中图像	图像中图像反向	多重图像中图像	镶嵌图＋上色

D15	0	1
存储信息	存储器断开	存储器接通

IC901㊴脚向 IC701⑯脚传输磁带位置记数信息，16bit 的二进制编码分成四组，每组 4bit 表示一个 10 进制的数字。如表 11—23 所示。

表 11—23 计数器信息(S—TI)

bit	存储信息
D3 D2 D1 D0	自 0 至 9 的 1 位数字
D7 D6 D5 D4	自 0 至 9 的 10 位数字
D11 D10 D9 D8	自 0 至 9 的 100 位数字
D15 D14 D13 D12	自 0 至 9 的 1000 位数字

定时调谐微处理机 IC701 还兼有自动调谐扫描检测功能，调谐扫描结束后调谐电压、波段、频道数的删除，都由 IC701 控制记忆在 IC702EPROM 中。接收电视信号时，这些数值的调用，高频调谐器的控制，也由 IC701 来完成。因此 IC701 还和 VS 组件板之间的通信和 IC702 之间的通信。

IC701 和 VS 组件板之间的通信，采用非串行方式占用三根数据线来完成对 VS 组件板的控制。IC701②、③脚送出 2bit 的波段信息编码给 VS 板的 IC801，由 IC801 将波段信息译码以后变成高频调谐器能接收的波段电压来控制它。应该指出，波段电压控制输出口应具备一定的电流负载能力。IC701⑥脚输出调谐用的 PWM 脉冲，经 VS 组件中的 Q804 放大和低通滤波器滤波后，供高频调谐器作频道调谐电压。

IC701 和存储器 IC702 之间的通信，完成电视频道的波段、调谐电压的编码、频道数据的删除。数据的读和写要求双向传输(非同时)，427E 使用了 6 根数据和控制线。IC701 的第④脚发送通信起动信号，第⑤脚为通信时钟脉冲信号。数据的读出和写入都与此同步。第⑧脚是串行通信双向数据线。IC701 和 IC702 读出和写入数据都从该线中传输。第⑨、⑩、⑪脚是通信控制命令线，包括地址输入、读入、写入、抹消和等待命令。这样 IC701 和 IC702 就完成了电视预选器的大部分功能。

11.5.3 指令输入和多功能显示

427E 有二种键盘输入形式：录像机前面板上的输入按键和红外遥控发射器的输入按键。二种输入命令通过不同的入口方式都进入微机 IC701。微机 IC701 不断监视二种键盘的输入

口，检测操作输入命令，通过整个微机操作系统执行下列各项操作：

① IC701 检测到有输入命令时，就将机器当时所处的状态和该输入命令所具备的初始要求进行比较，如果机器当时所处的状态不可能或不应接收该项操作命令，IC701 就判断该输入命令为无效。例如：在没有磁带插入的情况下，按重放键机器就不能进入重放状态。

② IC 701通过㊹～64脚输出显示扫描信息，将机器工作状态在多功能显示屏上显示出来。

③ 通过上节所述通信口，将操作命令输送给 IC901 及 VS 调谐组件。

④ IC901 根据输入的状态检测反馈信息和 IC701 的输入命令，根据内部固化的程序控制录像机的动作。

⑤ IC901 不断将机器目前所处状态反馈给 IC701。

1. 前面板输入键盘

427E 共有 25 个微动按键开关，除复位键 S751 是直接输入式外，其余 24 个都做成矩阵扫描输入形式。

（1） 复位输入键 S751

427E 有二种复位形式，电源开机复位和 S751 按键人工复位形式。当电源一插上，5V 电源就通过 R744、C705 在 IC701㉗脚上产生一个低电平的复位信号；同时该低电平复位脉冲通过 QR902 反相，输送给 IC901㊾脚以复位脉冲，（IC901 要求的是正极性复位电平）。保证录像机在一插上电源时，微机系统就进入工作启动状态。

在定时预置和调谐扫描工作时，操作者有时需要将原来输入的内容全部清除，在调机和修理时也有该项操作的要求，因此 427E 又设置了人工复位操作按键，通过 D751 直接输入给 IC701㉗脚。当然，人工复位是不能用矩阵扫描法来实现的。

（2） 矩阵输入电路

IC701 内部固化的程序具有检测 9×5 输入开关矩阵的能力（见图 11—76）。它用第56～64

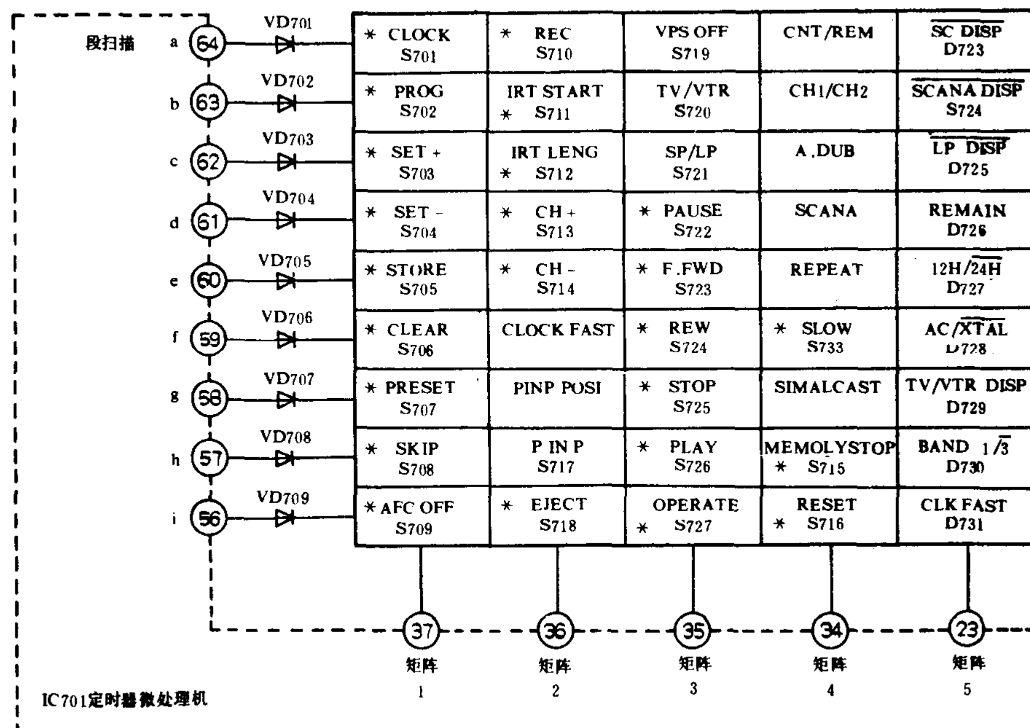


图 11—76 键盘矩阵输入电路

脚的 9 个扫描脉冲(每个相邻脉冲相位滞后一个脉冲宽度),对矩阵行不断地进行扫描。一个脉冲对应矩阵一行。IC701 用第㉓脚、第㉞～㊲脚 5 个输入口监视开关矩阵的 5 个列。当矩阵中有一键例如 S713 键(第 01 行第 2 列)被按下时,该列的输入口第㊱脚就收到第㊶脚输出的扫描脉冲,IC701 就知道是 CH+(S713)被按下。

427E 录像机用了 5×9 矩阵输入电路 45 个单元中的 24 个,在图 11—76 中用" * "标出。

2. 红外遥控系统

(1) 红外遥控信号的发射

427E 录像机所配的红外遥控发射器具有较强的控制功能,在遥控器上有液晶显示屏,能进行包括时钟校正、定时记录编程在内的功能控制,而且还补充了一些录像机前面板功能键盘上所没有的控制项目,如慢放速度增减等。红外遥控发射器的实际电路由液晶显示屏 LCD、80 引脚的遥控发射集成电路 IC01、7×8 的开关矩阵,以及脉相调制块(Q02、Q01)、LED01 所组成。图 11—77 为遥控器电路组成方框图。

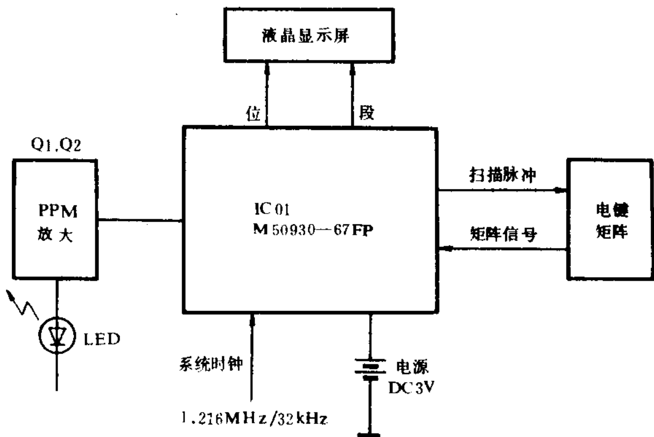


图 11—77 遥控器电路组成方框图

红外发射集成电路块 IC01 是由 5 号电池供电的微功耗 MOS 电路,其显示和键盘输入原理同 IC701 微机相似。该机使用两套时钟频率:由陶瓷振子 x01 的外电路及 IC01㉚、㉛脚内部振荡电路产生的 1.21MHz 时钟信号及由晶体 x02 及 IC01㉕、㉖脚内部振荡电路产生的 32kHz 时钟信号。当电池一装入后,IC01 即启动电键矩阵扫描电路及日期显示计时电路。这时消耗的功率很小,遥控器的计时器显示实时时间,经校正以后是一只很精确的计时器,调整 X02 的回路电容 C05,可以调整时钟振荡器的频率,使等于 32.768kHz,使计时器走时精确。这时,红外发射管是不工作的,没有电流通过,所以功耗很小。当遥控器有任一功能键被按下时,IC01 就输出脉冲相位调制(PPM)信号,该信号的编码携带遥控功能键的信息,其编码内容方式见表 11—24。为了使接收部分能排除其它空间光线的干扰,PPM 信号脉冲波的载波为 38kHz。它经 Q1、Q2 放大,流经 LED01 红外发射管,使其发出红外遥控射线。因此,红外发射器是短暂导通工作的,只有在按键按下时,才有以间断的 PPM 波形式发送,所以平均功耗很小。

表 11—24　　遥控器发射的编码形式

常例编码	信息编码								
	下面数字 / 上面数字	0	1	2	3	4	5	6	7
60	0	慢跟踪+	慢跟踪−	慢速+	慢速−	数字 8	数字 9		
	1	进帧	慢	快		放像	多重声音	录像机/电视机	电源通/断
	2	ART	数字存储	图像中图像	图像中图像的位置			多重图像	搜索
	4	转移	计数器复原			计数器存储	索引	计数器/剩余	反复

续表

常例编码	信息编码								
	下面数字 / 上面数字	8	9	10	11	12	13	14	15
60	0		快进	倒带	停止	数字 0	数字 1	数字 2	数字 3
	1	频道下降	频道上升	暂停/静像		数字 4	数字 5	数字 6	数字 7
	2	数字＋	数字－						

常例编码	信息编码					
—	下面数字 / 上面数字	0	1	2	3	4
61	0		快进			录像
64	0					音频转录

红外遥控器编码形式采取脉冲相位调制法来代表二进制数，它以二种不同宽度的脉冲来表示“0”状态和“1”状态。427E 红外遥控器“0”码脉冲周期是 1.12ms，脉冲宽度为 0.37ms，“1”码脉冲周期是 2.25ms，脉冲宽度是 1.50ms，无论是“0”码或“1”码，其脉冲间隔都是 0.75ms，接收端通过测量脉冲宽度来识别子码元。427EPPM 波形可参见图 10—25、10—29 引导码脉冲下降沿起着复位校准 IC701 取样脉冲时钟相位的作用。引导码以后有 4.5ms 的间隔，IC701 就在引导码下降沿以后 4.5ms 开始对输入脉冲进行取样，测量其脉冲宽度，判断码元的二进制状态。

常例码由 16bit 组成，分成二段，每段的前段是后段的反码。信息码的情况和常例码相同，也是 16bit，后 8bit 也是前段的反码。红外遥控器用这种编码结构，可以使每种码元的长度都相等，不管编码内容如何，常例码和信息码的总长都为 27ms。信息码以后是 40.5ms 的帧间间隔。427E 遥控码发射一帧的总长度是 108ms。427E 遥控器一般情况下只有第一帧是完整的编码形式，从第 2 帧开始不发射常例码和信息码。

(2) 红外遥控信号的接收

427E 的红外遥控接收组件 IR701，内装一只红外光敏二极管、遥控信号放大处理厚膜集成电路以及它的外围电路。整个组件封装在一只非密封的金属小盒内，小盒的前方有一个透光小孔，红外光敏二极管的采光聚焦镜伸向小孔，可以接收发射器来的红外遥控光束。金属盒主要用来遮挡除小孔以外的光线干扰，在录像机前面板对应红外接收器正前方位置，有一片暗红色的红外滤色片，这就是录像机的红外接收窗口。它仅让红外线能通过去，遮住白织光源进入光敏二极管，防止日光直射造成光敏二极管的直流堵塞。光敏二极管接收的红外光束控制信号，将光信号转化为电信号。因为发射脉冲光束是调制在 38kHz 载波上的 PPM 调相信号，所以，光敏二极管产生的电信号也是 PPM 信号。这样可以区分遥控脉冲和环境白炽光源的红外光线影响，把 38kHz 的遥控信号分离出来。

红外光敏二极管产生的电信号经 AGC 放大、限幅处理、38kHz 带通滤波器滤波，恢复出发射器发射的 PPM 调制波，经检出器将 38kHz 的包络脉冲检波出来，送整形电路整形，形成幅度为 5V，上升沿很陡的 PPM 脉冲波。然后送微处理机 IC701㉔脚，进行译码，按照两片微机串行

通信的要求，将部分指令传输给 IC901，完成录像机的指令输入。427E 所用红外发射管具有±30°的发射角，在室内通过白色墙壁的漫反射也能作用于录像机，所以控制时不要求一定对准录像机红外接收窗口。红外线传播和空气湿度有关，但是一般在房间内作用距离是足够的。

3. 显示器

录像机以显示器来指示当时的工作状态。427E 采用了微处理机 IC701 和荧光平面显示器，显示信息功能和效果是过去仅采用 LED 方式的录像机所不能比拟的，该机荧光显示屏可以显示以下的内容：

① 当时录像机的工作状态：重放、快进、倒带、暂停、记录、磁带插入和定时等多种状态；

② 磁带记数；

③ 当时时间；

④ 编程记录；

⑤ 电视频道。

该机显示器由二部分组成：采用发光二极管显示电源状态；荧光屏显示数字和符号。

(1)电源指示

427E 使用一只发光二极管(34MT3—F)，通过一只普通开关管 1SS254 串联接在 IC701㊴脚上，当电源开启时，第㊴脚输入高电平，发光二极管发亮，指示电源已经开启。

(2) 荧光平面显示器

427E 使用 FIP12×M714 位 9 段显示器，它是一种直热式双阳极驱动的真空器件，由三个极组成：

① 阴极：为直热式灯丝，本产品共有 5 根直径约 15～20μm 的钨丝组成，成直线状绷紧，安装在同一平面内。钨丝表面涂复碳酸盐等热电子发射物质，加热时发射电子，在其周围形成电子云。

② 位驱动极：也称栅极，材料为不锈钢薄片，上面用光刻法制成排列规则的小孔。427E 的显示屏共有 14 个独立的位极，当位极加正电压时，对应的字符可能发光。

③ 段驱动极：也称阳极，是热电子运动的终点，做成字符段，其上涂有低压荧光粉。当字符段加正电压时，该字符段吸收阴极发射的，透过位驱动极各小孔的电子，荧光粉发光，形成字符。

427E 显示屏共有 14 位，每位 9 段，不同位对应的段用阳极导线连接起来，427E 的 IC701㊹～㊺脚共有 13 个输出口，对应显示屏的每一个对应位，输出扫描脉冲。位扫描是规则脉冲，不携带显示信息。IC701㊻～㊽脚输出段扫描信号，其脉冲波形随显示的内容而改变，若在同一时刻，在某位、某段上都加上电压，与该位该段对应的段就发光。

该机荧光显示屏灯丝加 5V 交流电压，作为热功率电压，灯丝电流约 100mA。位和段的扫描脉冲周期 T 是 9.2mS，位扫描脉冲宽度为 0.66mS，大约等于周期的 1/14。脉冲幅度是 $30V_{P-P}$。每个阳极和栅极电流大约在 10mA 的数量级。图 11—78 表示出了 IC701 和显示屏引脚的连接、脉冲扫描驱动矩阵和显示内容的对应关系。可以看出，427E 录像机的显示系统还具备磁带长度、走带速度、VPS、视频编程控制系统(427E 不用)、IRT 即时定时录像等显示功能。

图 11—79 表示了定时调谐微处理机 IC701 和控制系统其它单元之间的原理方框联接关系，其中有本节所述的前面板键盘输入矩阵、红外遥控接收系统、荧光显示屏及系统控制微处理机 IC901 的关系，也有视频部分的调谐控制、电可变只读存储器的简化关系。

定时器微处理机脚号			44	44	45	46	49	47	48	49	50	51	52	53	54	55
	荧光显示管脚号		5/8	11/14	17	20	22	24	27	29	32	34	37	39	41/44	46
			14G	13G	12G	11G	10G	9G	8G	7G	6G	5G	4G	3G	2G	1G
64	48	a	PLAY* LECT		a, d e, g	a		a	a	M	a	a	a	a	a	a
63	47	b		REC ENREC	b	b		b	b	AM	b	b	b	b	b	b
62	45	c		▷▷	c	c		c	c	PM	c	c	c	c	c	c
61	43	d		▯▯	AM	d	col	d	d		d	d	d	d	d	d
60	42	e	◁◁		PM	e		e	e	OFF	e	e	e	e	e	e
59	10	f	◷		ON DEB	f	MON LUN	f	f		f	f	f	f	f	f
58	9	g	VTR MAG		LP LD	g	4	g	g		g	g	g	g	g	g
57	7	h	[o o]		2	SUN DIM		TUE MAR	WED MER	THU JEU	FRI VEN	SAT SAM	col	IRT DEP	CH	E240
56	6	i		INDEX	1	3		5	6	7	8	WKL HEB	DATE	REMAIN CTR	VPS	SC. S.E.

*. 下面是法文指示

图 11—78 427E 显示屏显示内容及引脚连接关系

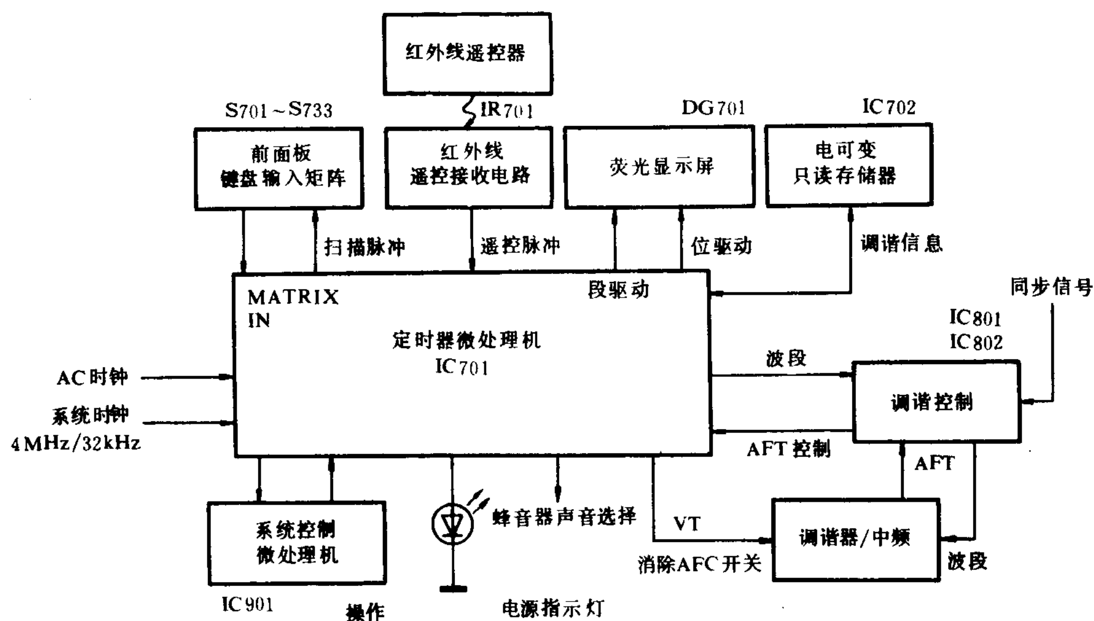


图 11—79 定时器电路

11.5.4 状态检测和自动故障保护

状态检测把录像机工作状态和使用环境状态转换成电信号，输入给微处理机作为执行程

序的客观依据。

1. 带盒仓状态监测

录像机带盒仓所处的状态，是微处理机判别输入命令是否有效的重要依据。427 微处理机需要区分带盒仓四个状态：

① 空带盒仓。

② 正确插入磁带但盒仓仍在上面位置(瞬态)。

③ 插入磁带但盒仓已降到下面位置。

④ 带盒舱正在下降和上升过程中。427 用状态开关来区别排出状态和停止状态，用带盒仓升/降开关 S142 来进一步表示磁带的插入与否及带盒仓的下降和上升过程。

427 将 S142 开关检测信号输入 IC901㊹脚，微处理机根据该检测信号的电平和排出操作指令，就可以控制带动带盒仓升降的主导电机的开启、停止和旋转方向。IC901㊹脚在不同状态下的电平如表 11—25 所示。

表 11—25　　IC901㊹脚在不同状态下的电平情况

带盒仓排出位置		上升或下降过程	到底位置
磁带未插入	已插入	高	低
高	低		

2. 磁带头尾状态监测

该机使用一只双向发射的红外发光二极管 D141 和二只红外光敏二极管 Q141、Q142 组成磁带头、尾监测器。发光二极管安装在机心的传感器板上，当带盒降落到机心里面时，发光二极管的位置正好处于磁带盒正中间的小孔内。二极管发出的红外线光照在磁带的内侧，被磁带挡住。在倒带状态，如果磁带到头了，透明的始端就让红外光透过，正好射到安装在盒舱右侧的光敏管 Q142 的聚光镜上，使光敏管内阻降低，一个接地负脉冲就输入 IC903(BA6993)的比较器"—"输入端，使比较器有一个正脉冲输出，输入 IC901㊻脚，这表明微机就检测到磁带始端。同理在重放和快进状态，磁带到带尾时也露出透明带，Q141 产生负脉冲，IC903 检测到后，将脉冲信号输入 IC901㊺脚。磁带头尾状态监测器使 427E 录像机具有全自动倒带功能，磁带在快进和重放工作状态中，当磁带走完的时候，有自动倒带的功能。在倒带到达磁带始端时，能自动终止倒带状态。它先执行一个短快进磁带过程，把倒带用的检测透明带先绕进去，然后进入停止状态等待输入新的操作命令。应该指出，427E 为排除自然光源的干扰，发光二极管电源不用直流电，而是用 IC901㊳脚的时钟脉冲，经 Q901 放大后驱动 D141，产生红外线。因此 D141 发射的红外光线是间断的脉冲波束。Q141、Q142 检测到的也是脉冲波束，微机 IC901㊺、㊻脚只有输入和㊳脚频率和相位同步的脉冲信号时才动作。

参见图 11—80 所示。

3. 带盘座旋转检测

427E 带盘座旋转检测装置，是在带盘座下面装上带有永磁体的圆盘，带盘旋转带动永磁体旋转，在圆盘旁边装有一块固定的霍尔电路 IC141。它能感应出圆盘永磁体的转动，产生电脉冲信号。该信号通过 PG904 输入系统控制微机 IC901㊼脚。如果在记录、重放或搜索状态时，该脉冲频率小于 1/6Hz，在快进、倒带状态时小于 1/3Hz，微机 IC901 就断定机器有故障，收带盘没有转动或转得太慢，立即控制机器进入停机保护程序。见图 11—80 所示。

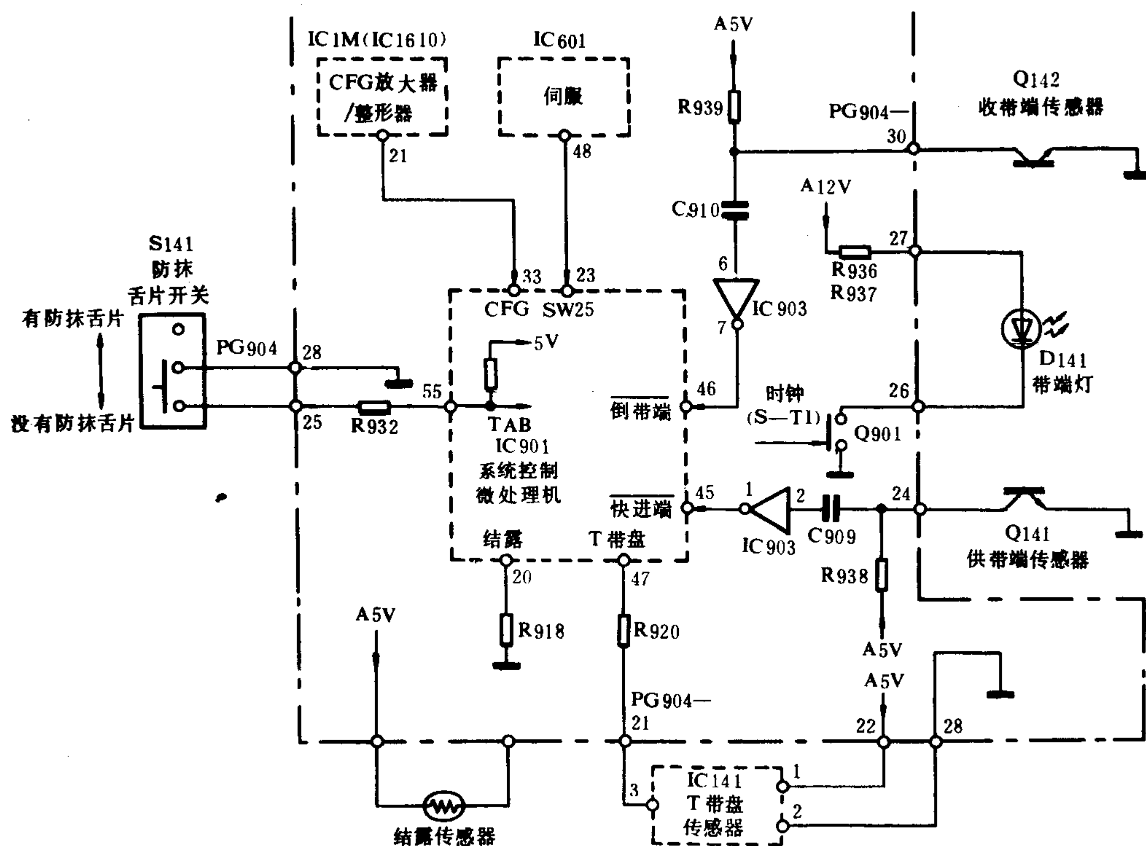


图 11—80 磁带走带状态和故障检测电路

带盘旋转检测的输出信号，在正常情况下也作为磁带计数器的计数脉冲。但是，因为磁带盘的直径是变化的，而带盘脉冲指示的是磁带盘旋转的圈数，因此，427E 计数器的指示值和磁带实际长度是不成正比关系的，其绝对数值没有实际意义。这是 427E 带盘计数的缺点，427E 带盘旋转检测器仅装在收带盘一侧，在具有剩余磁带指示功能的录像机里，在收、供带盘二侧都装有旋转检测，以计数磁带的剩余量。427E 所配置的微机 IC901(HD614088)具有二个带盘检测输入口，可以扩展，使之具有剩余磁带检测功能，检测原理在 VT—747 部分将要详细叙述。

4. 机心工作状态位置检测

427E 采用三电机 Z 型机心，机心的运转由控制系统按动作时序发出信号去控制三个电机的运转，使录像机进入相应的工作状态。Z 机心根据运行状态有 8 种工作位置：排带、停止、快进/倒带、记录放像和正向搜索、暂停和慢动、加载和卸带、长时间记录暂停、反向搜索。

当录像机有操作输入命令时，微处理机 IC901 首先要检查机器当时的工作状态，根据当时状态来确定是否允许执行或进入期望状态的动作和时序。初始状态不同，进入期望状态的动作和时序也不一样。控制信号当然也不同。例如：在停止状态时按倒带键机器能立即进入倒带，但是若在重放状态时按倒带键机器首先要停止走带，完成卸带过程才能进入倒带。

427E 使用旋转式状态开关 S143，由加载电机通过齿轮耦合驱动一个凸轮，使旋转开关 S143 转至某一位置。旋转开关 S143 的 7 个位置和机心的工作状态是一一对应的，旋转开关的三根输出线分别输入 IC901 的第⑪、⑫、⑬脚三个输入口。427E 以这三根线的电平高低组合(二进制编码)代表机心工作的上述 8 个位置，它们分别由 5V 电源通过状态旋转开关的三个开关来获得通和断的高、低电平。

旋转式状态开关的检测信号不仅是微处理机控制电机运行的依据，而且也是判断故障状态的依据。427E从停止到重放的上带过程设计时间是2s，如果在10秒钟以内，装载电机还不能使机心运转到走带状态时，旋转式状态开关就告诉微处理机IC901，控制系统就判断机器有故障，执行停止保护程序。

5. 磁鼓旋转检测

走带状态磁鼓的正确转动是录像机正常工作重要条件之一，如果因某些故障鼓被堵塞、卡死，鼓电机转速变慢或不转，那么磁带将不能沿原来正常的螺旋线围绕磁鼓运行，会造成磁带拉伤，严重的还会把视频磁头弄坏。

磁头25Hz开关信号是由代表鼓旋转方式的D、FG信号输入IC601产生的。在正常情况下应该是25Hz。427E将它输入微机IC901㉓脚，微机将25Hz脉冲开关信号和内部时钟信号比较，测出它的周期，如果该信号的频率小于10Hz，IC901就判断磁鼓旋转有故障，将伺服环路断开，使录像机转入停机保护程序。参见图11—80所示。

6. 主导轴旋转检测

427E收、供带盘的驱动力矩是靠主导轴的旋转力矩，通过皮带传动驱动的，因此，在一般情况下，通过监视收带盘的旋转和CTL脉冲就可以判断主导轴的旋转状态。

427E的带盘检测仅收带侧有，供带侧没有。在磁带卸带状态时，斜导柱从加载位置退回到停止位置，被拉出的磁带需要由供侧带盘旋转收回去，收侧的带盘这时是刹住的。这样设计是为了使已经上带部分的磁带下次重放时，不致被跳过，能重新被磁鼓扫描。这就要求在卸带状态检测供侧带盘的旋转情况。427E采用检测主导轴是否旋转来间接判断供侧带盘有无故障，防止在卸带过程中，斜导柱收回来了，而供带盘不转，使围绕磁鼓的磁带被绞坏。它将CFG信号经IC1601整形放大后，由㉑脚输入IC901㉝脚，检测CFG脉冲来判断主导轴是否旋转。在磁带卸载期间，如果主导轴电机不旋转，IC901就停止卸载动作，并将录像机电源切断。见图11—80。

7. 结露检测

当空气湿度太大或鼓表面有结露时，微处理机要控制录像机自动停机，达到保护机器的目的。427E使用的控制系统微处理机IC901⑳脚是结露检测输入口。该引脚输入高电平时，微机封锁所有涉及走带动作的键盘输入命令。但实际427E没有装结露传感器，因此在使用时，要注意环境的湿度状态，尤其是冬天，从室外刚搬进一温暖的室内时，这时磁鼓表面常结有露珠，应该开机预热半个小时以后，待磁鼓表面干燥以后才操作涉及走带状态的按键为好。

国内生产的427E录像机的改进型准备增加结露传感器。目前家用录像机使用的结露传感器大多数是湿敏电阻。其检测电路组成见图11—80。

8. 防抹检测

427E使用S141微动开关来检测插入的磁带有无防抹保护舌片。如果已经将磁带盒上的防抹舌片取去，S141将低电平输入IC901㊺脚，微处理机将禁止机器进入记录状态。参见图11—80。

9. 断电检测和掉电保护

图11—81表示427E的断电检测和掉电保护电路。从电源电路来的交流30V电源，经C922、R949降压后加到D716的负极，D716作半波整流去掉负半周(保护Q704发射极不会引起反向击穿)，经低通滤波器滤波后，由Q704放大整形成规则的时钟脉冲波，输入IC701㉕脚。IC701通过测量输入电源频率来判断是否停电。当电源周期T小于18.3mS时，IC701就判断

使用的是 60Hz 电源,当 T 大于 18.3mS 判定是 50Hz 电源。当周期 T 大于 50mS 时,IC701 就判断录像机的输入电源已被切断。立即将时钟频率改为 32kHz,以降低后备电源的功耗。

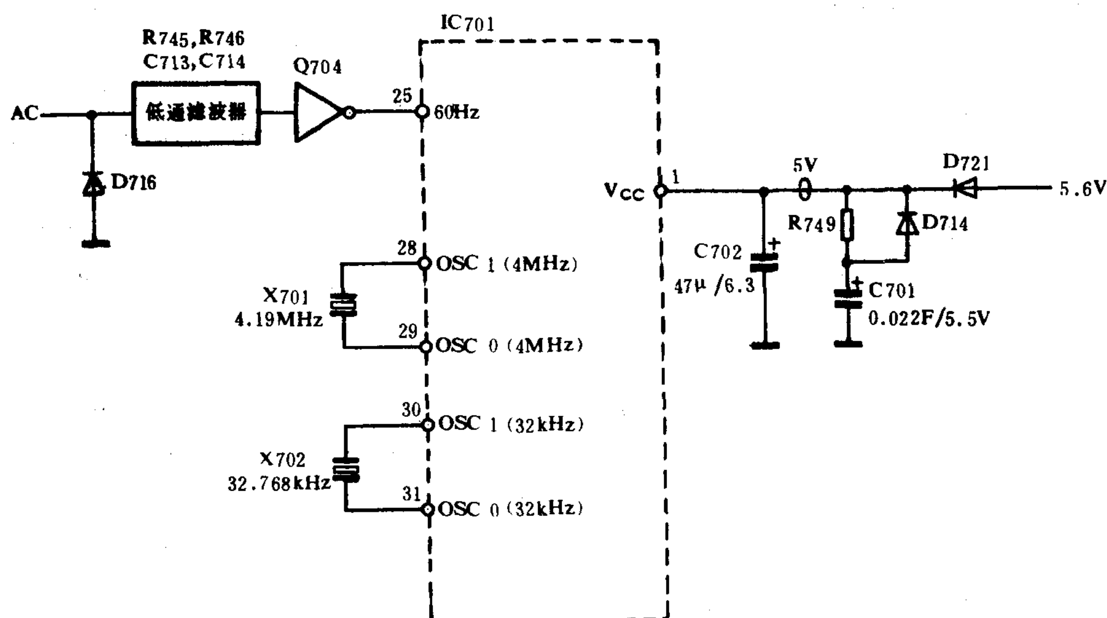


图 11—81 IC701 时钟断电检测和保持电路

427E 在 IC701 供电电路中接有 C701(0.022F/5.5V)大电容,以其充电电荷作后备电源。在断电以后,IC701 仍能维持运行。为在停电期间降低微处理机功耗,IC701 转换运行时钟频率,用 32kHz 振荡器的频率代替 4MHz 时钟信号,关闭大部分微处理机功能的运行,包括多功能显示器的驱动,仅保留计时器的运行和定时编程记录的记忆。427E 录像机断电后,后备电源维持记忆时间在 15 分钟以上,实际能力超过 40 分钟。

10. 复位电路

微处理器在电源开启时,都需要复位脉冲将电路原来的状态复位而起动。427E 微机 IC701、IC901 的复位电路分自动和手动两种。IC701 需要低电平复位脉冲,IC901 需要高电平复位脉冲。

(1) 自动复位

由于大容量电容器 C701 的作用,录像机在短时间掉电恢复电源后,IC703 不产生复位脉冲,IC701 没有复位操作。只有在 C701 的电容已经放电下降到很低的电压再供电时,电源从 0V 变成 5V,IC703(3ALB)产生复位脉冲,复位 IC701 的状态。

一插上电源插头,IC801—⑩脚瞬间输出低复位脉冲,加到 QR902 的基极,截止 QR902,A5V 电源通过 R933 输入 IC901㊾脚去复位 IC901。脉冲进去以后,QR902 恢复导通,IC901 就启动。

(2) 人工复位

由于调机和维修有时需要人工复位,427E 设有复位按键 S751。每按一次 S751 复位按键,通过 D715 和 R744 输入 IC701㉗脚一个低电平信号,使它复位。同时此低电平也加到 QR902 的基极,截止 QR902,一个高电平输入 IC901㊾脚,使其复位。

11.5.5 带盒仓和走带系统控制

427E 机心动力传动器件是三只电机,通过传动装置来完成整个机心的动作。

磁鼓电机驱动磁鼓的旋转。

主导轴电机带动主导轴的运行、带盒仓的升降及收、供带盘的旋转。

装载电机负责导带滚轮的加载和卸带动作、刹车制动器的动作、旋转状态开关的动作，张力臂的动作，半装载臂的动作，压带轮的动作。它们都由控制系统微处理机 IC901 控制它们的开启和关闭。其中磁鼓电机是处于伺服反馈运转状态。它在记录、重放、搜索、慢放及静放状态下开启。控制系统 IC901 的④、⑤脚在上述工作状态下输出高电平，通过二极管 D908、D909 或门合成鼓开启控制信号，经 QR607 反向后，输入 IC601⑦脚和 IC602④脚，开启鼓伺服环路，使鼓电机正确运转，鼓电机在正向搜索、反向搜索、慢放和静放工作状态下旋转速度要进行稳态和瞬时修正。修正数值由伺服环路决定。修正种类控制信号由 IC901 产生。IC901 的第②、⑩、⑭、㉚脚分别输出慢放/暂停、反向、搜索及瞬时磁鼓修正信号，输入 IC601 的第⑥、②、⑮脚和 IC603⑤脚。

主导轴电机的运转情况比较复杂，在重放、记录、搜索状态主导轴电机处于伺服环路工作方式，主导轴电机牵引磁带稳定地运行。通过皮带传动，带动收、供带盘的运转，将被磁鼓扫描以后的磁带收回磁带盒；在慢放、帧进期间，主导轴电机以间歇驱动方式带动磁带运行；在快进、倒带时，主导轴电机以非伺服方式，脱离伺服电路，由控制系统直接控制运行，带动收、供带盘；在带盒仓升/降及卸带过程中，主导轴电机也是以非伺服方式运行，分别带动带盒仓升/降及供带盘的旋转。

控制系统微处理机 IC901 还通过检测 SW25Hz、CTL、CFG 信号监视伺服的运行状态，判断伺服系统工作正常与否。如果不正常则由 IC901 执行保护程序，以免损伤机器。图 11—82 是控制系统和伺服系统之间的控制信号连线示意图。

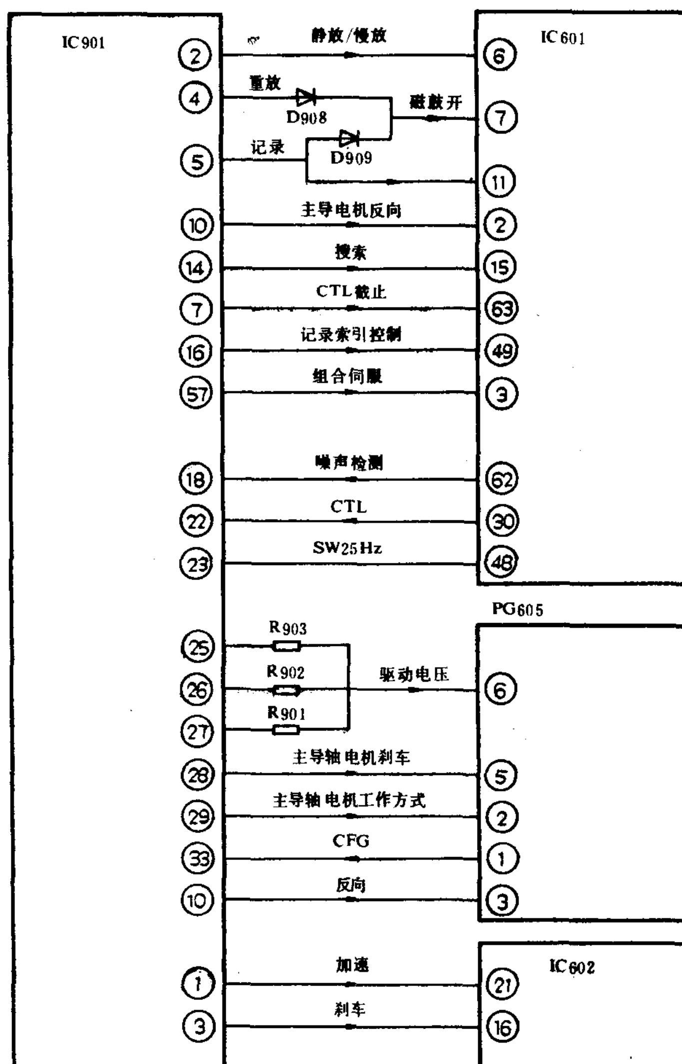


图 11—82　控制系统和伺服系统的关系

主导轴电机工作于伺服方式还是非伺服方式，由 IC901㉙脚输出的直流控制信号决定。该信号通过二极管 D603、D605 进入主导电机 PG605 的第②、⑤脚。当 IC901㉙脚为低电平时，主导轴电机工作于伺服方式；反之，高电平时为非伺服方式。

主导轴电机工作于伺服方式时，随工作方式的不同，转速和旋转方向是不同的。在重放和记录方式，主导轴电机的转速以标准带速带动磁带运行；在搜索状态，以标准带速的 5 倍带动磁带运行；在反搜索状态，主导轴电机需要反转。上述伺服的不同状态，都由控制系统微机 IC901 发出的信号，输入 IC601，控制它工作于不同的伺服方式，其控制端和伺服电路的连线同

磁鼓伺服方式相同，也是通过 IC901②、④、⑤、⑩、⑭脚和 IC601 的连线控制的。

427E 具有索引功能，记录时在磁带记录节目的片头位置改变 CTL 的占空比，作为磁带地址标记，记录在磁带节目记录始端位置。它靠 IC901⑯脚输出信号加到 IC601㊾脚，来改变记录 CTL 的占空比。该控制信号一般为低电平。CTL 设定的标准值为 60%，当该控制线为高电平时，IC601 将输出记录用的 CTL 占空比改为 27.5%。

记录时 IC901⑦脚还要控制 IC601CTL 发生器的开启时间，使录像机在记录初期，在磁鼓及主导轴伺服还未达到稳定状态的变化过程，截止 CTL 发生器的输出，这是靠输入 IC601㊸脚高电平来实现的。

在慢放和帧进期间，主导轴电机间歇驱动磁带，不断输出制动和加速力矩，使磁带停走符合要求。427E 慢放和帧进主导轴的制动和加速，由微机 IC901 根据鼓和主导轴反馈的 SW25、CTL 信号，在第①、③脚分别定时输出加速脉冲和制动脉冲，不通过主导轴速度和相位伺服环路，直接输入 IC602㉑、⑯脚，来完成上述功能。

在带盒仓升降、卸带动作和磁带的快进、倒带等工作过程，主导轴电机作为驱动电机使用，对电机的转速和相位没有像上面所述工作状态那样高的要求。但是工作状态不同，要求电机的转动力矩不同，因此是采用由控制系统微处理机 IC901㉕、㉖、㉗脚输出的编码信号来表示不同的工作状态。该编码信号通过电阻矩阵 R901～R904 解码成不同的直流电压，输入主导电机驱动电路，使不同的工作状态电机的驱动电压不同以获得不同的转矩。从表 11—13 可知，快进/倒带开始时，电机驱动电压最小，仅 16V，最后稳定状态可以上升到 21.5V。主导轴电机非伺服状态的工作方框图见图 11—83 带盒仓/磁带装载控制电路。

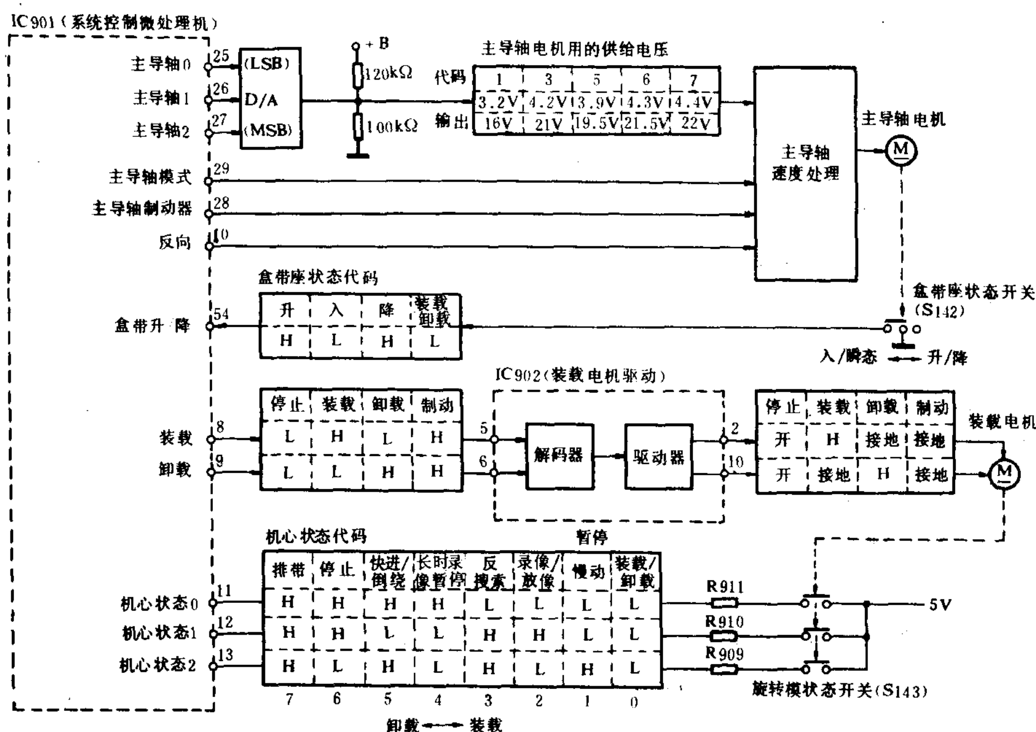


图 11—83 带盒仓/磁带装载控制电路

主导轴电机受 IC901 的 6 根控制线的控制第㉕～㉗脚、第㉙脚是主导轴电机工作方式控制端，第㉘脚是主导轴电机制动控制输出端，第⑩脚是反向控制端。它们决定了主导轴电机非伺服方式下的动作。

磁带插入带盒仓装载至停止位(此时录像机处于待命状态,等待下一步操作)的过程一般称前加载过程;而从停止位到磁带排出的过程称卸载过程。427E 的停止位处于预加载状态,即磁带盒降入机心后,半加载臂把磁带拉出一部分,使 CTL 磁头能接触磁带,这个过程又称 FR 加载。带盒仓的升降是主导轴电机带动的,预加载过程由装载电机驱动,因此前加载过程是两个电机配合驱动的结果。同样,从停止位到排出位的过程也是两个电机共同动作的结果。

图 11—84 是前加载及卸载过程的微处理机控制时序图。在前加载开始阶段,录像机带盒仓内没有磁带,带盒升降开关 S142 是闭合的,IC901㊹脚为低电平。当磁带插入带盒仓到位后,开关 S142 被打开,微处理机 IC901㊹脚检测到高电平后,由 IC901㉙脚输出高电平,第㉕、㉖、㉗输出二进制的编码信号"3",第⑩脚输出指令使主导电机正向旋转,带动带盒仓下降。这时 S142 一直保持打开状态,IC901㊹脚输入保持高电平。一旦磁带盒降到底,S142 闭合,第㊹脚变为低电平,IC901③脚对主导轴电机发出制动脉冲,使主导轴电机很快停止下来。接着 IC901⑧脚输出高电平,第⑨脚输出低电平,使装载电机开始正向旋转,用半加载臂把磁带引向预加载状态,同时,也带动旋转状态开关 S143 转动。它的位置代表了机心所处的状态。微处理机 IC901 的⑪、⑫脚监视 S143 开关状态,一旦半加载臂到达停止位,S143 输出二进制编码"6",IC901⑬脚输入电平由高变低。此时,IC901 第⑧、⑨脚变成高电平去制动装载电机,使录像机处于预加载停止位。

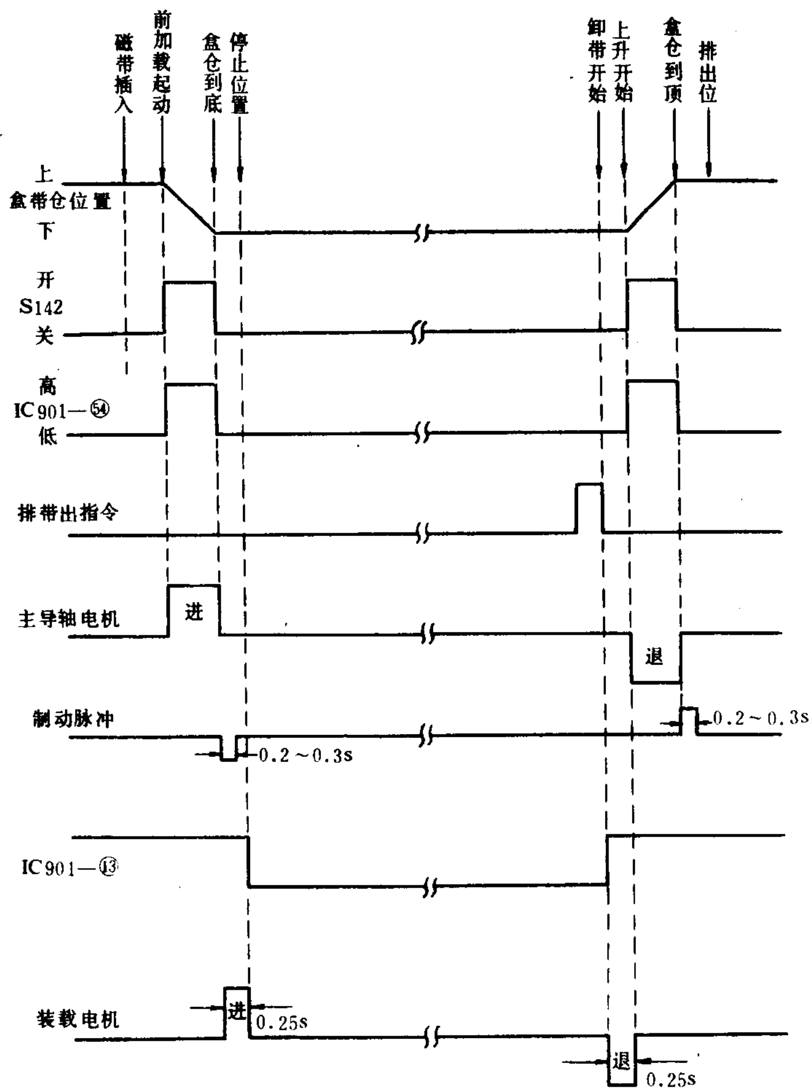


图 11—84 前加载及卸载时序图

磁带由预加载停止位经导带滚轮带动,使其按正常扫描要求包绕到磁鼓上的过程称装带过程;反之,由扫描位置返回到预加载停止位的过程称卸带过程。在装载和装带过程中,装载电机正向旋转,在卸载和卸带过程中则反向旋转。427E 采用 ICBA6209 做装载电机驱动电路。

BA6209 是一块可逆电机驱动器,内部有逻辑运算控制单元,电机制动、功率驱动放大器。它根据输入标准 TTL 逻辑控制电平,实现电机的旋转、换向和制动。内部功率驱动电流最大可达 1.6A(起动冲击)。BA6209 由 IC901 第⑧、⑨脚输出控制。此控制电平先加到 IC902 的第⑤、⑥脚,经 IC902 内部电动机检测电路及功放后,由其第②、⑩脚驱动装载电机。装载动作时,

IC902⑤脚为高电平，⑥脚为低电平。第②脚将电源电压输出到装载电机（当然，是通过功率驱动晶体管），第⑩脚将电机另一端接地，使装载电机正向旋转。电机旋转时带动张力杆、导带滚轮、斜导柱、压带轮和旋转状态开关动作，驱动磁带到达预定位置。

IC902 根据 IC901 输出的控制信号，按图 11—83 上的逻辑真值表输出装载电机驱动电流。带动机心变换状态，状态开关 S143 不断监视机心的状态。IC901 根据 S143 的状态反馈信息和 IC701 串行口的输入操作指令，改变其第⑧、⑨脚的输出来控制装载电机的运行。

11.5.6 VHS 目录索引(INDEX)系统

427E 机心采用半加(装)载机构，在录/放、快进和倒带状态时，磁带虽脱离磁鼓，但仍接触 CTL 磁头，使快进和倒带时机器能拾取 CTL 信号，这就为索引寻找系统的实现奠定基础。

VHS 索引系统就是在记录视频节目的起始时刻，用改变记录 CTL 信号占空比的办法在磁带 CTL 磁迹上打上节目片头标记；在快进(和倒带)时，录像机又拾取、检出该标记，控制系统见到此标记后即自动将机器置于正向搜索状态(进行 30 秒)，等待输入操作指令。如果没有等到操作指令(放像)则继续实行原来的快进或倒带状态。因之，与遥控器配合使用，427E 能很快地在一盘磁带上寻找到你所需要的节目开头位置。这个片头标记称索引信号。

1. 索引信号的记录

图 11—85 表示索引信号记录电路。在记录启动时，IC901 发出的控制信号有第⑯脚的索引记录高电平信号，输入 IC601㊾脚。当时 IC601 集成电路内的记录(录像)CTL 发生器，将 CTL

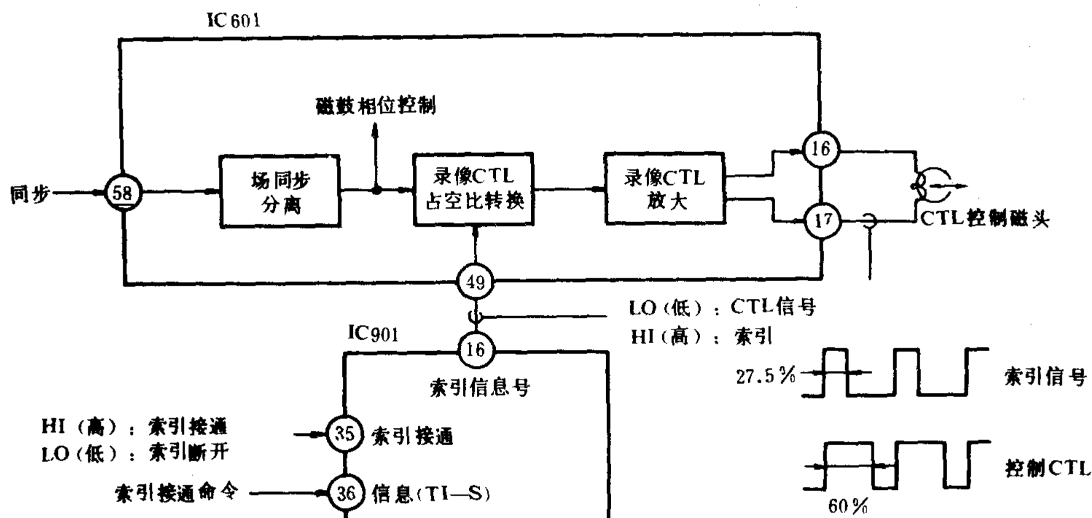


图 11—85 索引信号记录电路

脉冲占空比由 60%改为 27.5%，周期不变。该信号仍按原来的信号流程，通过控制磁头记录在磁带的 CTL 磁迹上。由于索引信号的周期和相位不变(25Hz)，它在伺服电路中的作用和 CTL 信号完全相同，我们将这种非标准占空比 27.5%的 CTL 信号称为索引信号，或记作编码“1”。正常占空比为 60%的 CTL 控制信号记作编码“0”。427E 在定时记录(IRT)即时定时记录或正常记录的起始状态都起动索引信号，而记录暂停解除时不起动索引信号。图 11—86 表示控制信号在记录和重放状态的“0”、“1”编码波形，每个节目的索引信号总长度为 2.5S。

427E 使用的 IC901(HD614088SB60)内存 ROM 的索引程序不仅可以用于图像系统的节目索引，而且可以用于没有图像信号的 Hi—Fi 索引系统。在那种情况下，IC901 第㉟脚不是接高电平，而是接同步信号。

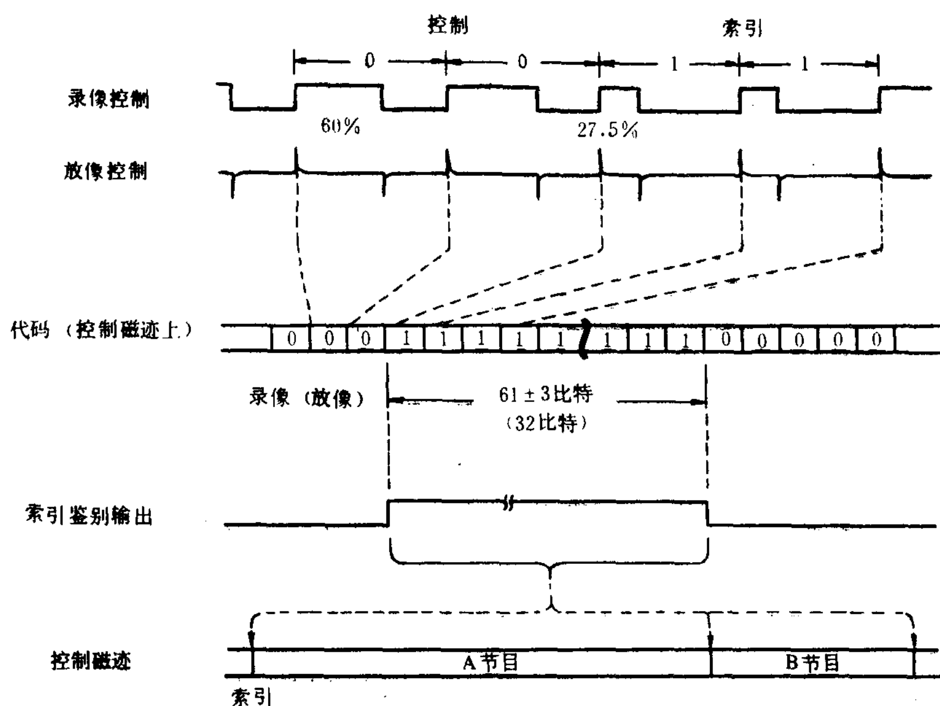


图 11—86 索引信号和 CTL 控制信号

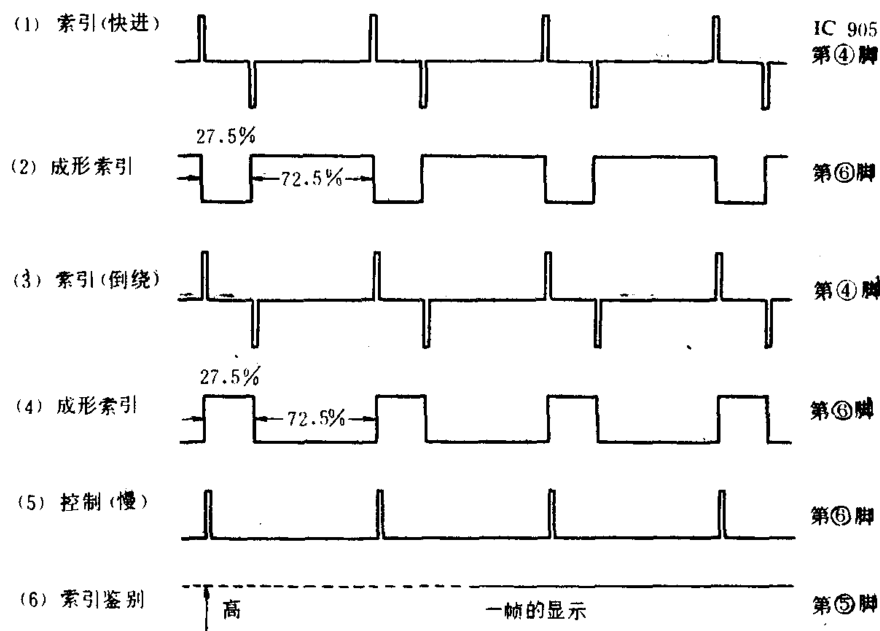
2. 索引信号的拾取

图 11—87 表示索引信号拾取电路和波形，电路由微处理机 IC901 和 IC905 视频索引信号检测器组成。由控制(CTL)磁头拾取的 CTL 信号经 IC602 放大以后输入 IC601㉗脚，作为主导伺服环路的比较信号，经伺服环路放大后的 CTL 信号从 IC601㉚脚输入 IC905④脚，波形如图 11—87(1)所示。IC905 将输入的 CTL 信号放大、整形，恢复成方波脉冲，经内部的索引信号鉴别器鉴定，区分是普通 CTL 信号"0"码，还是索引信号"1"码。如果是索引信号，IC905⑤脚输出一个高电平，送入 IC901㉞脚。如果 IC901㉞脚在连续 32 个控制脉冲时间内都输入高电平(也即系统连续出现 32 个以上的索引脉冲)，控制系统就按照图 11—88 的索引扫描程序控制录像机扫描磁带内容，供操作者挑选。

IC905 内的索引信号鉴别器实质上是一个脉冲宽度测量器，通过计数 4MHz 的时钟信号的个数，来判别脉冲的占空比。顺便指出，CTL 信号(包括索引信号)是微处理机监视主导轴电机，判断磁带速度和运行相位的重要状态反馈信号，尤其在慢放间歇驱动时更是如此，所以经 IC905 整形以后的 CTL 方波形式由第⑥脚输出给 IC901 的第㉒脚。这是控制系统的反馈监视要求。图 11—87 的波形(2)、(4)、(5)就是经 IC905 整形以后的索引或慢放控制信号的波形。

图 11—88(a)所示为 427E 索引扫描控制程序。首先，机器应该处于快进或倒带状态，并且索引功能应该是开通的。此时显示屏有"INDEX"显示。由 CTL 磁头快速检索 CTL 信号，如上面信号流程。控制系统不断判别有无有效索引信号。如果有，IC901 马上将机器置于向前搜索状态 30S，供操作者在监视器观看节目图像内容，同时随时等待重放、停止、倒带、快进等功能操作键的输入。如果在 30 秒内有功能操作指令输入，那么机器执行新的操作指令；如果没有输入指令，30 秒钟后机器重新恢复原来的快进或倒带状态，并继续检索索引信号。这样，能在几分钟之内将整盘磁带检索完毕。

图 11—88(b)表明在磁带向前索引的快进和向后索引的倒带状态磁带具体的卷绕关系。图中表示，在快进状态，磁带快进到节目 A 和节目 B 的交界处，机器就正向搜索 30 秒钟，如果



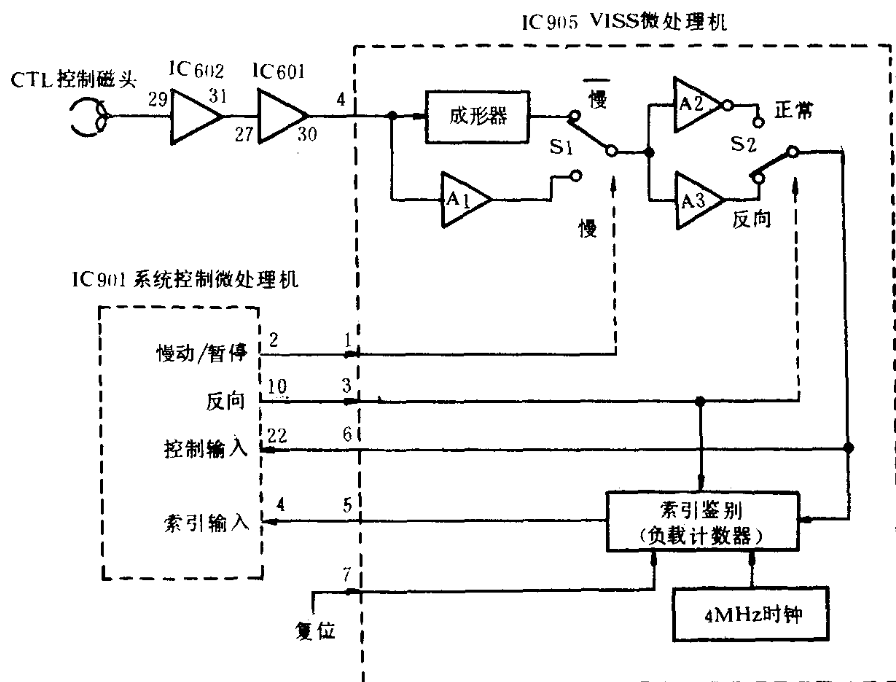


图 11—87 索引信号的重放处理

没有新的功能指令输入，30 秒钟以后机器继续快进到达 C 节目的开始处，又有索引信号，它又重复刚才的过程。但是如果这一次在正向搜索的时候，录像机输入 3 新的功能指令，机器就转入新的工作状态。在倒带向后索引的情况下，机器在检索到 C 节目的索引信号时，仍以正向搜索供操作者观看节目内容，正向搜索 30 秒钟以后重又进入倒带状态。

最后简要强调一下 427E 的索引功能。无论是记录还是重放都可以根据用户需要选择用与不用索引功能。427E 在遥控器上有索引功能键，按一下索引键，遥控器就输入该指令，通过 IC701 解码在显示屏上显示“INDEX”字符。同时 IC701 通过串行口将该指令输入 IC901㊱脚，机器就开启索引功能。如果再按一下遥控器索引键，就关闭索引功能，427E 重放时对索引信号

图 11—88 VHS 索引搜索系统工作示意图

的检索，只有已录有索引信号的磁带才起作用，否则就不起作用。

11.5.7 磁带速度检出/选择控制电路

为了进一步提高磁记录密度，减少磁带消耗量，有的 VHS 家用录像机采用了多档记录速度。目前国内比较流行的是 PAL 制 SP 标准带速 23.39mm/s 和 LP 长时间记录方式。LP 时走带速度是标准速的$\frac{1}{2}$，也就是说一盘 180 分钟的磁带在 LP 走带速度下，可以记录 6 个小时的节目内容。在要求不高的家庭录/放情况下其图像质量还过得过去的。具有 SP/LP 二种速度录/放的录像机多数采用四磁头 DA—4 磁鼓式。427E 是三磁头录像机，因此从整机设计上它不具备 SP/LP 功能，但是从其控制电路、伺服电路，以及视音电路来说都具备 3SP/LP 功能，故本节介绍 427E 控制系统磁带速度检测选择控制电路。

图 11—89 是 427E 磁带速度检测/选择电路，该电路在重放状态时能自动检测磁带上记录节目的记录速度(SP/LP)，决定重放走带速度。在记录状态则通过键盘输入操作指令决定记录走带速度。

1. 重放速度检测

在重放状态，IC901 先以标准走带速度控制伺服系统工作，然后根据输入的 CTL 信号，计算它的频率，选择磁带速度使其频率为 25Hz。CTL 控制磁头拾取的 CTL 信号经 IC602、IC601、IC905、放大整形处理后输入 IC901㉒脚，由微处理机内部的计数器计算 CTL 脉冲的频率。该计数器利用 4MHz 的时钟脉冲计数 CTL～周期内的时钟脉冲个数来确定它的频率。然后将计数器的数值输入磁带速度鉴别器和内部固有频率数据相比较，判别它的频率。如果 CTL 的频率 f_{CTL}高于 18Hz 而低于 37Hz，速度鉴别器就判断该磁带是 SP 记录的磁带它就保持第63脚输出高电平，第64脚输出低电平，控制伺服系统维持 SP 标准走带速度；如果 f_{CTL}大于 37Hz，速度鉴别器就判断重放的磁带是 LP 速度记录的磁带，IC901 就在第63脚输出低电平，第64脚输出高

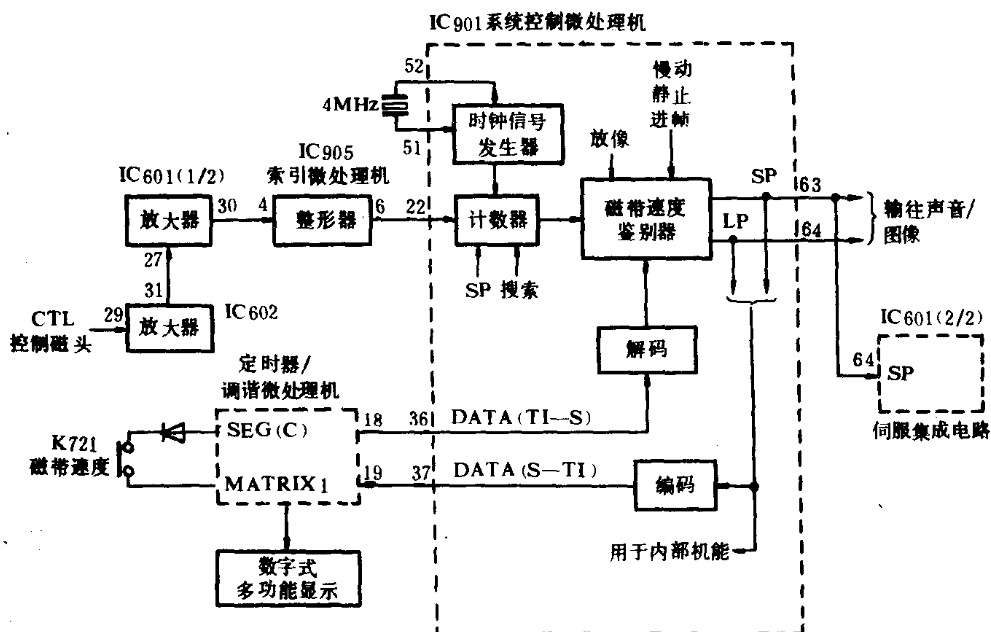


图 11—89 磁带速度选择/检测电路

电平。控制伺服电路，将走带速度转换成 LP 方式，使磁带走带速度降下来。如果录像机在重放 LP 磁带时，磁带上记录的节目的速度突然从 LP 转变成 SP 时，微机 IC901 速度计数器测量到 CTL 的频率就成为 12.5Hz。在 LP 走速状态，当计数器测量到的频率 f_{CTL}低于 18Hz 时，IC901 第⑥脚变为高电平，第⑭脚变为低电平。为了排除干扰脉冲的影响，IC901 不是仅测量一个周期 CTL 脉冲的频率有变化就作出响应，而是要重复测量到多个 CTL 周期中的频率有变化才作出改变状态的响应。在 SP 向 LP 转换时，IC901 要连续重复测量 8 个 50Hz 的 CTL 脉冲，计 160ms 才发出转换指令，而从 LP 向 SP 转换时需要 4 个 12.5Hz 的 CTL 脉冲，计 320ms 才转换状态输出。

在慢放、静像和帧进等状态时，CTL 脉冲的周期不代表磁带记录速度。IC901 用输入的状态工作指令（从 IC701 串行口输入的）截止磁带速度鉴别器的工作，维持进入这些状态以前的速度选择不变。在搜索状态，CTL 频率相应变高，427ESP 采用 5 倍速，因此在搜索状态要将频率计数器输入端的频率值除以 5 才进入磁带速度鉴别电路。微处理机 IC901 的磁带速度检出第⑥、⑭脚的输出不仅供给伺服电路，还控制视、音频电路以调整电路的加重和去加重网络。该检出信号还输给 IC701，由多功能显示屏显示磁带走带速度。

2. 记录状态的速度选择

VHS 录像机的 PAL 制式常用的记录速度有 SP 和 LP 二种，记录时采用磁带速度开关 S721（本机未装）来选择。它是输入矩阵开关电路的一个元件。由 IC701 监视、解码开关输入指令，经串行口输入 IC901 去控制速度鉴别器的输出，每按一次 S721 开关，录像机记录磁带速度 SP/LP 交替地改变一次，和重放时一样由 IC901⑥、⑭脚输出去控制伺服、视频、音频电路。与重放不同的是，这时由输入键盘决定控制电平的高低。

427E 是 3 磁头录像机，从设计原理上是不宜改装用 LP 速度记录节目的。但是它的控制系统、伺服系统及视频、音频电路都具备了 SP、LP 记录重放功能。尤其是重放时，427E 是完全具备 SP、LP 自动检测和转换功能的。若用户有兴趣，那么只要简单地在前操作板上加上一个 6.5×6.5 按键开关和一只开关二极管 ISS254，加在前操作印刷板的 S721 和 D725 位置上即可。使

用 LP 磁带时，显示屏就有“LP”字符显示，在业余条件下也能满足一般使用要求，所记录重放的图像除了快速变化的彩色图像存在横向窗格干扰外，其他方面也还能容忍。

11.5.8 组合编辑控制

录像机中作节目编辑比录音机复杂，这是由于人们对视觉图像切换相位要求比声音要高得多，要使新老图像交接相位不发生跳动，就要求切换点前后，伺服系统特别是主导轴伺服系统均匀连续稳定，这是编辑控制首要解决的问题。图像信号开始记录的时间应精确定时，不能新老图像接不上留有空白段，重放时出现噪波，更不能将它记录在有用的老图像区，将有用的信号大片抹去。此外，VHS 机器采用螺旋扫描记录方式，视频磁迹和磁带横轴成 α 角倾斜记录，但全消磁头和磁带横轴则是垂直的。这给节目编辑时磁迹的消磁增加了困难，用全消磁头对磁头编辑点以前磁迹的斜向区完全消磁是不可能的，必然有一部分信号未经消磁留在磁带上。因此，及时控制消磁电流、CTL 磁头记录电流、视频记录电流的起动时间，在不破坏有用视频磁迹的基础上，尽量少留一些未消磁区。在未消磁的带子上，编辑记录时适当增加记录电流，待未消磁磁带区记录完以后再恢复正常记录电流，减小因不能完全消抹原磁迹而发生的彩色噪扰。这也是编辑控制的课题之一。

录像机电子编辑根据用途有二种方式，即组合编辑方式和插入编辑方式。

组合编辑是在磁带已录内容的后面，连续地衔接记录新内容的一种编辑形式，和插入编辑相比有二个特点：其一是在组合编辑过程中，CTL 控制磁迹和视频磁迹同时消去，重新记录；其二是只有一个从原录内容到新内容的编辑切入点，而不能兼顾切出点的衔接。427E 具有组合编辑功能，由它进行编辑控制制作的节目，在编辑点处衔接良好，CTL 控制信号相位连续，图像稳定，没有噪波干扰。该机没有专门设置编辑控制按键，而是利用记录暂停（重放暂停转来的记录暂停）方式来进入组合编辑，操作暂停键，可设置图像编辑切入点，将新节目接在前面已记录的视/音频节目的后面。

1. 427E 实现组合编辑采取的技术措施

427E 控制系统 IC901 依靠其㉝脚输入的主导轴电机反馈的 CFG 脉冲，用计数器对其进行计数，来记忆设置的编辑切入点磁带位置。

① 控制机心在记录暂停建立时磁带后移过程及后移量，为记录暂停释放后组合伺服方式稳态过程的建立奠定基础。

② 记录暂停释放时，IC901 控制伺服电路，实现从暂停状态到组合状态，继而到记录状态的转换，在组合伺服状态主导相位伺服完成从重放状态到记录状态的平滑过渡，实现原来的 CTL 磁迹和新记录 CTL 磁迹正确衔接。

③ 微处理机 IC901 输出信号分别精确控制 CTL 磁头、视频磁头和全消磁头的记录起动时间，使视频磁头新记录的磁迹和原来的磁迹重叠一场。

④ 微处理机输出信号，控制图像记录放大器的增益，使视频磁头在没有经过消磁的磁带区域记录时，记录电流增加 3dB。

2. 伺服电路的组合编辑方式

主导轴伺服电路在重放状态是以 IC301 的 4.43MHz 的晶体振荡器分频产生的 25Hz 标准信号作为相位伺服基准，以 CTL 控制磁头拾取磁带上的 CTL 信号作比较信号。而记录时主导轴伺服电路的标准信号和比较信号都同重放状态不同，标准信号是输入视频信号的场同步信号分频而来的 25Hz 帧脉冲，比较信号是主导轴电机 CFG 脉冲信号分频得到的 25Hz 脉冲。在

一般家用录像机中，输入视频信号场同步脉冲和内部晶振产生的 25Hz 标准信号的相位是没有相关性的，也就是说，从重放到记录的转变过程主导轴伺服的相位随标准信号的改变也会发生随机跳变。这将形成编辑点前后磁带 CTL 控制脉冲的不连续性，造成制作出的磁带在编辑点出现图像跳动。这是编辑过程要解决的课题之一。427E 在编辑过程中插入组合伺服过程方式，作为从已录信号的重放状态变到记录状态的过渡状态。集成电路 IC601 具备组合伺服功能。它由第③脚输入的直流电平转变状态。在组合伺服方式，磁鼓相位伺服的标准信号和记录状态相同，因为 427E 设计和生产调试保证了重放和记录状态磁头开关点基本一致，误差很小。在从重放暂停变到记录暂停时磁鼓伺服的标准信号立即就从内部晶振信号变到输入同步信号(如果原来就是记录状态进入暂停就不存在这个转变)。主导轴伺服环路，在组合伺服方式标准信号以内部晶振产生信号为基准，由 21Hz/25Hz 标准信号发生器产生的 25Hz(见表 11—12427E 各种工作状态伺服电路的动作)。但是，这时 IC301 内部的晶体振荡器已经变成压控振荡器，它受输入视频信号的副载波 4.43MHz 的同步。427E 还采用视频同步信号去复位参考 21/25Hz 发生器，使 21/25Hz 发生器产生的 21Hz、25Hz 都和输入视频同步信号同频同相。比较信号是从控制磁迹上拾取的 CTL 脉冲信号，伺服电路将两者比较，输出误差驱动信号，调整磁带的运行相位，使 CTL 脉冲相位和输入视频信号同步，完成重放 CTL 和记录 CTL 的平滑过渡。伺服电路的组合方式状态转换由 IC901 控制。IC901㊼脚输出高电平送入 IC601③脚，它输出的控制脉冲在记录暂停控制信号(IC901②脚)变低电平的同时也变成高电平，持续 2 秒时间。就是说，在这 2 秒时间中，主导轴完成从停止到旋转，直至稳定的转换过程。在组合伺服控制方式，IC601③脚为高电平时，427E 禁止 CTL 脉冲记录，保留原来磁带上的 CTL 磁迹信号。

3. 组合编辑过程机心的控制动作

组合编辑方式下 427E 机心的动作由两部分组成：记录暂停状态的建立和记录暂停状态的释放。前者将磁带后退，为组合编辑作准备；后者起动组合伺服状态，使主导伺服稳定下来。

427E 在记录状态下一按暂停按键或在重放暂停状态下按记录键，录像机立即控制主导轴电机和加载电机，使磁带后退 70mm，然后再回过来向前走 35mm 左右，实际后退量约为 35mm。在磁带后退和回走过程中，都由 IC901㉝脚计数主导轴电机 CFG 脉冲个数，以检测磁带的运行长度，使最后停留下来的记录暂停位置和按键时选中的编辑切入点位置有精确的磁带长度。因为 427E 的 CFG 脉冲频率很高，在标准走带速度时为 1515Hz，每一条视频磁迹间距对应 30 个 CFG 脉冲，所以用 CFG 脉冲个数来确定磁带位置是很精确的。但是，由于主导轴和磁带之间存在滑动，CFG 脉冲个数并不能精确代表磁带行走长度，只有 CTL 脉冲个数才能精确指示磁带长度，因此 427E 采用后退过程中同时计数 CFG 脉冲个数和 CTL 脉冲个数，算出后退 3 秒钟磁带长度、主导轴和磁带之间的滑动量，然后来修正向前返回磁带量，使磁带实际后返量是用 CFG 脉冲个数代表的精确数据，存入存储器，它就是记录暂停位置离选定编辑切入点的距离。例如，磁带后退 3 秒钟内为 75 个 CTL 脉冲，应该对应 4545 个 CFG 脉冲，但是，由于存在滑动，实际测得的 CFG 脉冲个数是 4545＋△个，那么微处理机 IC901 就知道每增加一个 CTL 脉冲磁带长度要修正增加△/75 个 CFG 脉冲，使计数器计量磁带长度精确无误。当然，实际过程中由于温度、湿度、张力等因素对磁带长度伸缩的影响，此项修正更显重要。为使磁带后移量计算精确，在整个记录暂停状态的建立过程中，磁带的后退、返回向前以及等待过程，压带轮都是把主导轴压住的，主导轴电机的 CFG 脉冲个数才能代表磁带运行长度。为了保护磁带不受损伤，限制记录暂停等待时间最长为 5 分钟，如果超过 5 分钟，IC901 控制机心动作，使压带轮释放，减小磁带和磁鼓的压力。当然，若这时再进入编辑过程，磁带切入点位置就有较大的

误差位移。

427E 在建立记录暂停的后退及返回前走过程中，主导轴电机不受伺服电路控制，而是由 IC901㉕～㉗脚输出电压驱动编码信号，用一定的驱动电压使主导轴电机旋转，带动磁带运行。在该过程中，磁带运行不是标准带速，是以运行一定量的磁带长度为目标。

记录暂停建立过程的磁带后退，是由加载电机、主导轴电机共同完成的。它们的运动都受控制系统 IC901 的控制，其动作过程和时间顺序见图 11—90。原来处于记录状态的录像机，一

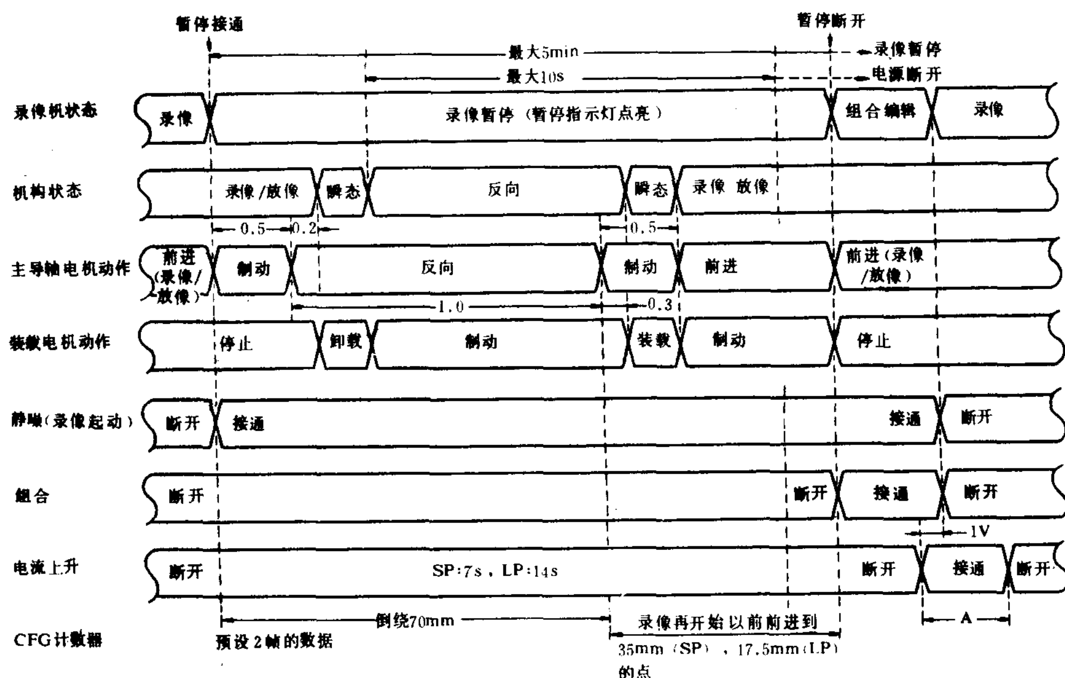


图 11—90 编辑控制时间

按暂停操作键，机心就从走带状态将主导轴电机制动，磁带停止，由加载电机使机心改变状态，状态开关由状态 6 走带状态变成状态 5 反向状态，主导轴电机反向旋转驱动磁带后退 70mm。到达位置后，主导轴电机又制动，装载电机装载，使机心由状态 5 变到状态 6，恢复原来状态，主导轴电机驱动磁带正向前进 35mm，返回到离编辑点 35mm 处后即暂停，处于图 11—90 第二条竖虚线位置，机心从状态 6 变为状态 7 暂停状态。

记录暂停的释放：按暂停键，加载电机将机心状态由 7 变成 6，转变成走带状态，录像机进入组合伺服状态。主导轴带动磁带前进达到稳定状态，IC901 计算 CFG 脉冲个数，到达编辑入口处发出控制信号，使录像机转入录像状态。

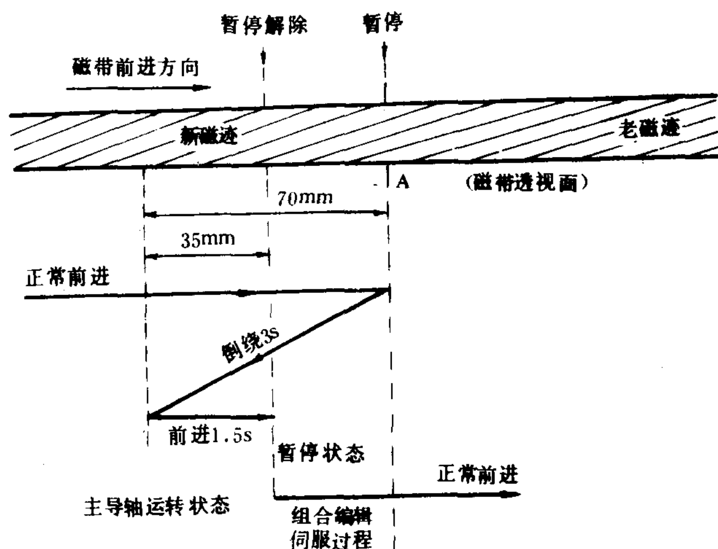


图 11—91 组合编辑走带运行简图

图 11—91 是 427E 记录暂停过程

的建立和释放磁带行走过程示意。图中表示的 3s、1.5s 时间，并非该过程完成的实际时间，而是磁带在标准走带速度下，该时间行走的实际长度。实际完成该过程是 4 秒钟。它包括 4 个过程：正转停止和反转启动约 1.25s、反转 1.3s、停止 0.5s、正转约 1.0s。

4. 加大视频记录电流减小彩色噪声干扰

录像机的全消磁头安装在磁带走带路径上，全消磁头在前，视频磁头切入磁带点在后，两者相距 70mm。在一般记录情况下，磁带经全消磁头消磁以后，进行记录，就不存在未经消抹磁带的记录问题，但在组合编辑时情况就不一样了，由于视频磁迹是斜向分布的，而全消磁头是垂直磁迹安装的，组合编辑点 A 在磁带上是一条斜向直线，它的右边是需要保留的原来记录的信号(见图 11—92)，它的左边是我们要记录的磁带区，我们希望将原信号消抹掉。但是，用全消磁头把编辑点 A 直线左边的区域完全消磁是不可能的，总有一段未经消磁的磁带区。由于亮度信号是调频调制波，记录时几乎接近磁饱和记录，因此，在原来的磁迹上叠加新的记录信号时，在一般情况下，都可以将原来的信号消抹，还是可以容忍的。但是，对于色度信号，情况就不尽如此。因为它是调幅信号，而且记录幅度要比亮度信号小 10dB 多，很小的磁剩信号干扰都能对它形成明显的干扰。另一方面，由于亮度记录电流毕竟没有达到磁饱和，所以在未经消抹的磁带区记录全电视信号，会出现未经消抹的彩色干扰信号。为此，427E 采用在记录开始前 1 场时刻，由 IC901㊵脚输出高电平到前置记录放大器 IC1⑳脚，使记录放大器增益提高 3dB。在没有消抹的磁带区记录时，记录电流加大，用以消除磁带重叠区彩色信号的干扰。根据计算，427E 未经全消磁头消抹的磁带长度为 171mm，走带时间是 7.33s。因此，IC901㊵脚输出高电平的持续时间为 7.4s。

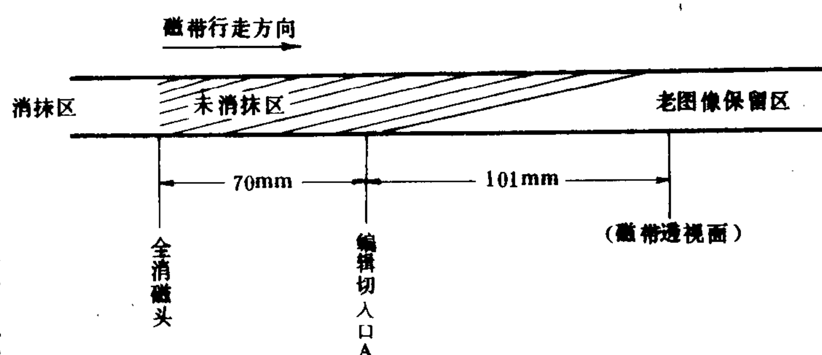


图 11—92 编辑记录时磁带上未消抹区示意图

5. 视频磁头记录、CTL 记录和全消磁头消磁的开启时间

427E 在磁带运行到编辑点 A 场磁迹时，开始记录新的视频磁迹，保证新旧磁迹有一条重叠，同时开始加上 CTL 控制磁迹和全消磁头的记录电流。

前面讲过，IC901 用 CFG 脉冲计数器来检测磁带运行的长度，计数器"0"值代表编辑点位置，在主导轴电机使磁带后退过程中，CFG 脉冲计数器为递增计数器。主导轴电机的运转方向由 IC901⑩脚控制。在该脚为低电平时，主导轴电机正转，磁带重又正向前进一段。CFG 脉冲计数器作递减计数器。该计数器的数值是 IC901 输出控制信号的定时基准，在记录暂停解除磁带运行以后，427 处于组合伺服方式的前进过程，调整磁带的速度和相位。CFG 脉冲计数值逐渐递减，当 CFG 脉冲计数值递减到相当于编辑点前 2 帧的数值时，IC901 监视 SW25Hz 开关脉冲，在 CFG 计数器降为零值后，在 SW25Hz 开关脉冲的第一个下降沿时刻，IC901 第㊶脚降为低电平，起动视频记录电流记录，全消磁头消磁。同时，第⑦脚降为低电平，起动 CTL 控制磁头记录；第㊺脚下降为低电平，伺服状态从组合伺服方式转换到记录伺服方式。在此之前的 20ms，第㊵脚输出高电平，为视频记录电流增加 3dB 增益做好准备。图 11—90 表示了 427E 在整个组合编辑过程中的动作和互相之间的时间先后关系。但是，其横坐标长度不代表时间轴。

图 11—93 表示了 427E 记录暂停解除以后，IC901 给出的控制信号的时序关系。这些控制信号是很精确的，理论上可以做到一个 CFG 脉冲周期的量级。由于这些信号精确定时，427E 保证新图像信号有一条磁迹线重叠于老图像信号。

427E 录像机具有很好的搜索、慢放、帧进和静放等特技重放功能，在寻找录机和放机的编辑入口时，分别可以做得很准。但是，录机和放机磁带位置分别确定以后，在控制它们同时动作方面，存在人工操作误差。

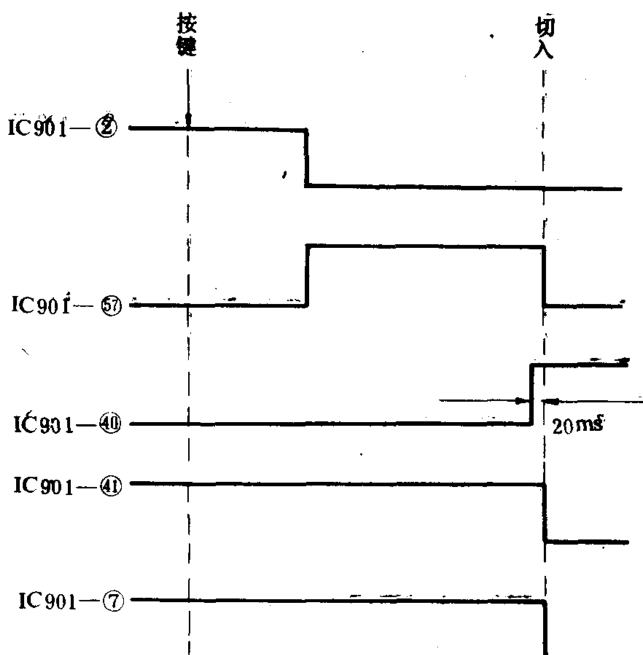


图 11—93　记录暂停解除 IC901 控制信号时序图

11.5.9　信号通道电路的控制

微处理机 IC901 对机械部分的控制是通过动力传动器件实现的。它对磁鼓电机、主导轴电机的控制有时通过对伺服电路的控制来实现。这在动力传动器件部分已经作了介绍。微处理机 IC901 对通道电路的控制如图 11—94 所示。

1. 视频通道的控制

视频系统的控制主要是 IC901 第④、⑤、②、⑭、40、41、44脚输出的各种状态转换指令。IC901④脚输出重放指令经 D210 送入 IC202⑯脚，经 IC202 变换成视频系统录/放状态转换控制信号。IC901⑤脚的记录指令经 D209 送入 IC204⑪脚，通过 IC204 内部的运算放大器将 12V 直流电源变成 9V 电源，作为前置放大器记录放大器电源，IC901②脚慢放暂停指令、⑭脚搜索指令分别由二极管 D904、D903 组成的或门电路，把二个控制信号合成为特技重放控制信号，一路输入视频亮度集成电路 IC202⑤脚，截止垂直处理器工作；另一路输入色度 IC301⑨脚，截止色度解调升频电路的 PS 矢量旋转电路。IC901 40脚输出组合编辑方式，记录电流提升指令输入 IC1⑳脚，使在视频磁迹重叠区记录的记录电流增加。IC901 41脚在装载期间记录/重放截止信号经 D902 分成 2 路，其一输入 IC202㉖脚缓冲后由⑳脚输到 IC201⑯脚去控制 IC201 内部的静噪电路的动作，截止视频噪声的输出。其二输入 IC204②脚，经缓冲后由①脚输往前置记录放大器 IC1㉔脚，截止加载期间记录放大器的输出。

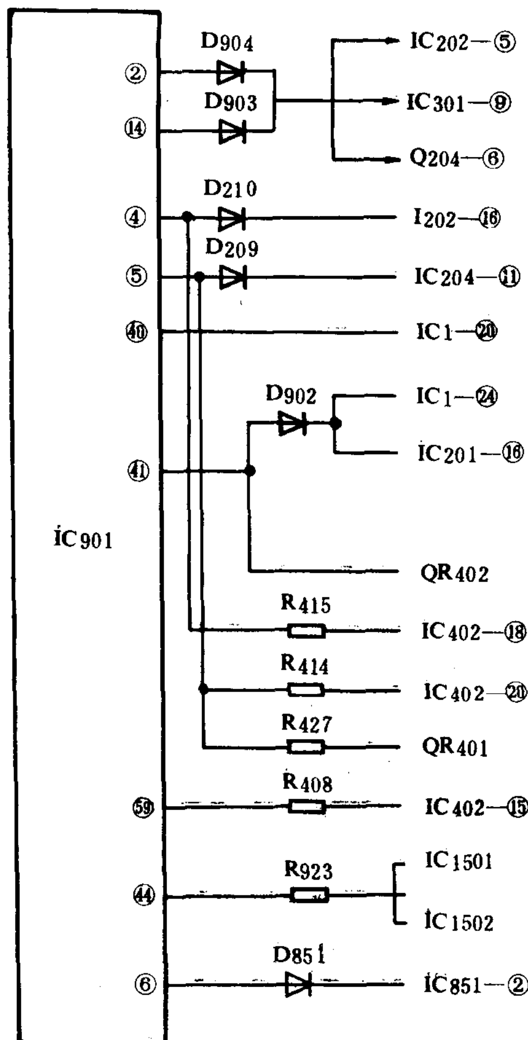


图 11—94　微处理机集成电路 IC901 对通道电路的控制

2. 音频通道的控制

微机 IC901 对音频系统的控制主要是其④、⑤、㊶、㊾脚输出各种指令。IC901④脚重放控制指令经 R415 送入音频电路 IC402⑱脚，使音频电路处于重放状态。IC901⑤脚输出的记录指令经 R414 送入 IC402⑳脚，实现记录状态的转换，同时经 R427 送入 QR401 使偏磁振荡电路工作，为音频记录提供偏磁振荡信号，为全消磁头、音频消磁头提供消磁信号。在记录状态磁带装载期间，IC901㊶脚输出高电平指令通过 QR402、QR401 截止音频记录过程。在搜索特技重放，加载等过程，IC901㊾脚输入高电平音频截止指令，通过 R408 送入 IC402⑮脚，截止音频信号输出。

3. 微处理机 IC901 对其他电路的控制

微机 IC901㊹脚输出线路/调谐器选择电平，控制输入选择电路 IC1501、IC1502，以选择输入信号种类(线路输入还是高频电视输入)。

微机 IC901⑥脚输出电源开关指令，输入稳压集成电路 IC851②脚，控制 5V 和 12V 稳压电源的开关。

11.5.10 控制系统主要集成电路实用数据

控制系统主要集成电路为 IC901 和 IC701。

IC901(HD614088SB60)各引出脚功能和参数见表 11—26。其各引脚信号去向和主要波形见图 11—95 所示。

表 11—26　　IC901(HD614088SB60)各引出脚功能和参数表

引编脚号	在线电阻(kΩ)		输入/输出	控制电平	简　称	主　要　功　能
	正笔	负笔				
1	5.7	5.7	输出	高	ACCEL	慢放状态，间歇地驱动磁带时决定加速时间和长度
2	4.9	5.0	输出	高	SLOW/PAUSE	将伺服电路设定为暂停或慢动方式
3	5.7	5.7	输出	高	BRAKE	慢放状态间歇地驱动磁带时决定减速的时间和长度
4	6.6	5.9	输出	高	PLAY	将机器各个电路设定为重放状态
5	5.2	5.2	输出	高	REC.	将机器各个电路设定为记录状态
6	7.6	4.3	输出	高	POWER ON	打开电源开关时产生每一电路所需的电源
7	5.4	5.6	输出	高	MUTE	在磁带装载期间禁止录取控制信号
8	5.8	6.5	输出	高	LOAD	控制装载电机旋转和方向，将机心设定到预定状态
9	5.8	6.5	输出	高	UNLOAD	
10	7.2	6.3	输出	高	REVERSE	1. 在反向搜索期间校正磁鼓速度； 2. 使主导轴电机的旋转方向反转
11	2.1	2.2	输入	高	M. STATE 0	用旋转模式状态开关检测机心的工作状态式，并决定第⑧、⑨脚上的输出
12	2.1	2.2	输入	高	M. STATE 1	
13	2.1	2.2	输入	高	M. STATE 2	
14	9.6	6.0	输出	高	SEARCH	将每一电路设定为搜索方式
15	11	6.6	输出	脉冲	F. ADV.	受了进帧命令时输出一个脉冲而使磁带前进一帧
16	5.5	5.8	输出	高	INDEX DATA	记录开始把将要录制的控制信号的占空度设定为约 27.5%(相当于代码 1)

续表

引编脚号	在线电阻(kΩ)		输入/输出	控制电平	简　称	主 要 功 能
	正笔	负笔				
17	11	6.6	输入	高	2H/3 HEAD	使用两头磁鼓时截止慢动，并从第⑮脚起动进帧脉冲。(不使用)
18	5.8	6.4	输入	高	NOISE	在静止放像期间，如果磁带停止的位置不合适，该信号为高，微机就使磁带前进一帧
19	0	0			GND	
20	5.4	8.2	输入	高	DEW.	检出录像机中结露状态以阻止动作键(不使用)
21	5.5	8.9	输出	高	A. DUB	将音频电路设定为音频转录模式(不使用)
22	4.8	8.2	输入	脉冲	CTL	1. 检出放像时的磁带速度(SP 或 LP)； 2. 间歇地驱动磁带时决定第③脚的制动信号输出的时间
23	5.0	6.2	输入	脉冲	SW 25	1. 检出频率变动以判断录像和放像期间磁鼓电机的旋转状态； 2. 间歇地驱动磁带时决定第①脚的 ACCEL(加速)信号输出的时间； 3. 决定要解除组合模式的时间
24	5.5	8.8	输出	低	H. SEARCH	设定快速搜索(SP：X5，LP：X9)
25	5.5	8.2	输出	高	CAPST0	在记录和重放，以外的模式时决定主导轴电机的驱动电压
26	5.5	8.4	输出	高	CAPST1	
27	5.5	8.4	输出	高	CAPST2	
28	5.5	8.5	输出	高	CAPST. BRAKE	在记录和重放搜索以外的状态，当输出"高"时，制动主导轴电机
29	5.5	8.5	输出	高	CAPST. MODE	在记录、重放、搜索以外的状态，当输出"高"时，截止主导伺服电路，由第㉕～㉗脚控制它的转速
30	5.5	8.6	输出	高	SWAY 1	间歇地驱动磁带时校正磁鼓速度，在加速期间校正时间由第㉚脚决定，在减速期间则由第㉛脚决定
31	5.5	8.6	输出	低	SWAY 2	
32	1.4	1.4	输入		Vcc	连接 5 伏电源
33	5.2	6.5	输入	脉冲	C. FG	1. 卸载中如没有输入信号时，停止卸载动作以防止磁带受损； 2. 重放、搜索状态和第㉒脚输入的 CTL 信号一起，检测磁带的速度； 3. 用 CFG 决定组合编辑时磁带的运带量
34	4.9	8.5	输入	高	INDEX IN	如施加于这脚上的"高"信号的长度长于控制脉冲的 32 个周期的话，索引寻找动作就开始
35	2.4	2.4	输入	高	INDEX ON	允许 VISS(VHS 索引寻找系统)功能工作
36	5.1	8.4	输入	脉冲	DATA (T1-S)	和定时器/调谐微处理机通信
37	5.2	8.7	输出	脉冲	DATA (S-T1)	
38	5.2	8.5	输出	脉冲	CLOCK (S-T1)	
39	5.2	8.7	输出	脉冲	COUNT DATA (S-T1)	

引编脚号	在线电阻(kΩ)		输入/输出	控制电平	简　称	主 要 功 能
	正笔	负笔				
40	4.7	6.8	输出	高	CURRENT UP	组合编辑模式被解除后使视频信号的录像电流增加3秒钟，以防止放像时在重叠部发生彩色噪扰
41	5.4	8	输出	高	MONITOR CUT	在磁带装载期间截止将要录/放的视频信号输出
42	5.5	8.6	输出	低/高	TV/VTR	选择录像机射频输出口信号(录像机输出还是天线直通信号)
43	5.5	8.5	输出	高	SIMULCAST	对图像处理电路选择调谐器/调制器的输出，对声音处理电路则选择被施加于AUDIO IN(音频输入)插座上的信号
44	5.5	7.8	输出	低/高	LINE/TUNER	选择被施加于VIDEO IN(视频输入)和AUDIO IN(音频输入)插座的信号，作为对视频处理和音频处理电路的输入信号
45	6.3	9.4	输入	低	FWD END	检出磁带首尾端透明带
46	6.3	9.4	输入	低	REW END	
47	6.1	9.4	输入	脉冲	T.REEL	1.检测收带盘信号以监视收带盘旋转动作； 2.计算收带盘和供带盘的剩余磁带(时间)
48	1.0	1.0	输入	脉冲	S.REEL	
49	5.7	7.4	输入	高	RESET	使微处理机起动
50	1.4	1.4	输入	低	TEST	
51	7.2	9.6			OSC 1	将微处理机用时钟信号的振荡频率设定为约4MHz
52	7.2	10			OSC 2	
53	0	0			GND	
54	5.5	9.0	输入	高	CST UP/DOWN	检出插入磁盒带和其下降位置以决定主导轴电机的驱动时间
55	1.0	1.0	输入	高	TAB	1.起始录像动作； 2.盒带不带有保险挡舌而定时器被设定时自动将盒带排出机外
56	1.0	1.0	输入	高	C.PAUSE	将录像机设定为暂停模式
57	5.2	6.5	输出	高	ASBL	将伺服电路设定为组合模式
58	9.5	6.0	输出	高	SUB MUTE	抑制副图像的声音信号(不使用)
59	6.2	6.0	输出	高	LINE MUTE	抑制主图像的声音信号
60	2.1	2.1	输出	脉冲	P IN P POSI.	移动副图像的位置(不使用)
61	9.6	6.2	输出	高	P IN P	将副图像装入主图象框子中(不使用)
62	9.6	6.2	输出	高	P IN P REV.	将主图像和副图像的信号源调换(不使用)
63	3.2	3.3	输出	高	SP	检测重放磁带的记录规格速度，对各电路提供SP或LP控制信号，设定磁带速度
64	8.2	6.0	输出	高	LP	

引脚	功能	电压	连接
①	慢放加速	0.2 / 10.11	IC602—㉑
②	慢放 静像	0.2 / 10.11	IC601—⑥, IC601—⑨, IC601—⑮, IC602—⑥
③	慢放 制动	0.2 / 10.11	IC602—⑩
④	重放	4.7 / 10.11	IC601—⑦, IC602—④, IC202—⑩, IC204—⑤, IC402—⑱
⑤	记录	0.1 (4.7)	IC601—⑦, IC601—⑪, IC602—④, IC402—⑳, IC204—⑪, QR401—b
⑥	开电源	4.7	R947 560, IC851—②
⑦	截止CTL音频	4.7 (0.2)	IC601—⑥
⑧	加载	0.2	IC902—⑧
⑨	卸载	0.2	IC902—⑨
⑩	主导电动反转	0.2	IC601—②
⑪	机心状态检测0	0.2	R911 1k, PG905—②
⑫	机心状态检测1	4.7	R910 1k, —③
⑬	机心状态检测2	0.2	R909 1k, —④
⑭	搜索	4.6 (0.2)	IC601—⑮
⑮	帧进	0.2	
⑯	索引数据	0.2	IC601—㊾
⑰		—	
⑱	噪声检测	4.8 (0)	IC601—62
⑲	地	0	
⑳	结露检测	0.2	R918 33k
㉑	配音	0.2 (4.8)	
㉒	CTL信号	2.3 (2.7)	IC905—⑥
㉓	磁头开关	2.4 (2.7)	IC601—㊽
㉔	高速搜索	0.2	
㉕	主导电机方式0	2.4	R903 50k, IC1601—㉘
㉖	主导电机方式1	2.4	R902 33k
㉗	主导电机方式2	2.4	R901 68k
㉘	主导电机刹车	0.2	QR601—b
㉙	主导电机方式	0.2	IC1601—㉒
㉚	鼓速修正1	0.2	IC603—⑤
㉛	鼓速修正2	0.5 (0.6)	
㉜	电源	4.8	5V电源, C902 0.022

引脚	功能	电压	连接
64	长时录放	0.2	IC201—⑦
63	标准录放	4.7	IC201—⑩, IC601—64
62	画中画换	0.2	
61	画中画	0.2	
60	画中画位置	0.2	R951 1k, A5V
59	音频截止	4.7 (0.2)	IC402—⑮
58			
57	组合方式	0.2	IC601—③
56	摄像机控制	0	R916 1k, C903 0.022
55	防抹检测	4.7	R932 1k, S141
54	盒舱升/降	4.7	R931 1k, S142
53	地	0	
52	振荡1	2.3 (2.4)	CE901 4MHz, C904 33P×2
51	振荡2	2.3 (2.4)	R919 1M, C905
50	测试	4.7	R917 47k, A5V
49	开机复位	0.2	IC801—⑩
48	供带盘检测	0.2	R921 1k
47	收带盘检测	4.7	R920 1k, IC141—③
46	带头检测	4.8 / 0.2	R922 33k, IC903—⑦
45	带尾检测	0.2	R923 33k, IC903—①
44	线路/调谐	4.8	IC1502—①, IC1501—③
43	音频选择	0.2	1k, IC1502—①
42		—	
41	视频截止	0.2	IC204—②
40	记录电流提/升	0.2 (0)	IC1—⑳
39	磁带计数	1.2 (1.7)	R927 1k, IC701—⑯
38	时钟信号	2.5	IC701—⑰
37	数据信号	0.4 (1.1)	R929 1k, IC701—⑲
36	数据信号	2.9 (2.6)	R930 1k, IC701—⑱
35	索引功能	4.8	R950, A5V
34	索引信号输入	0.2	1k, IC905—⑤
33	主导FG信号	2.6	IC6501—㉑

㉒ 重放记录 5V P-P 12.5ms 40ms

㉓ 重放记录 5V P-P 20ms 40ms

㉝ 重放记录 5V P-P 0.65ms

㊱、㊲、㊴ 5V P-P 65ms

㊳ 5V P-P 2ms 4ms

㊼ 重放记录 5V P-P 0.5s 1s

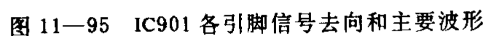


图 11—95 IC901 各引脚信号去向和主要波形

IC701(M50954—6795P)各引出脚功能和参数见表 11—27。各引出脚信号去向和主要波形见图 11—96 所示。

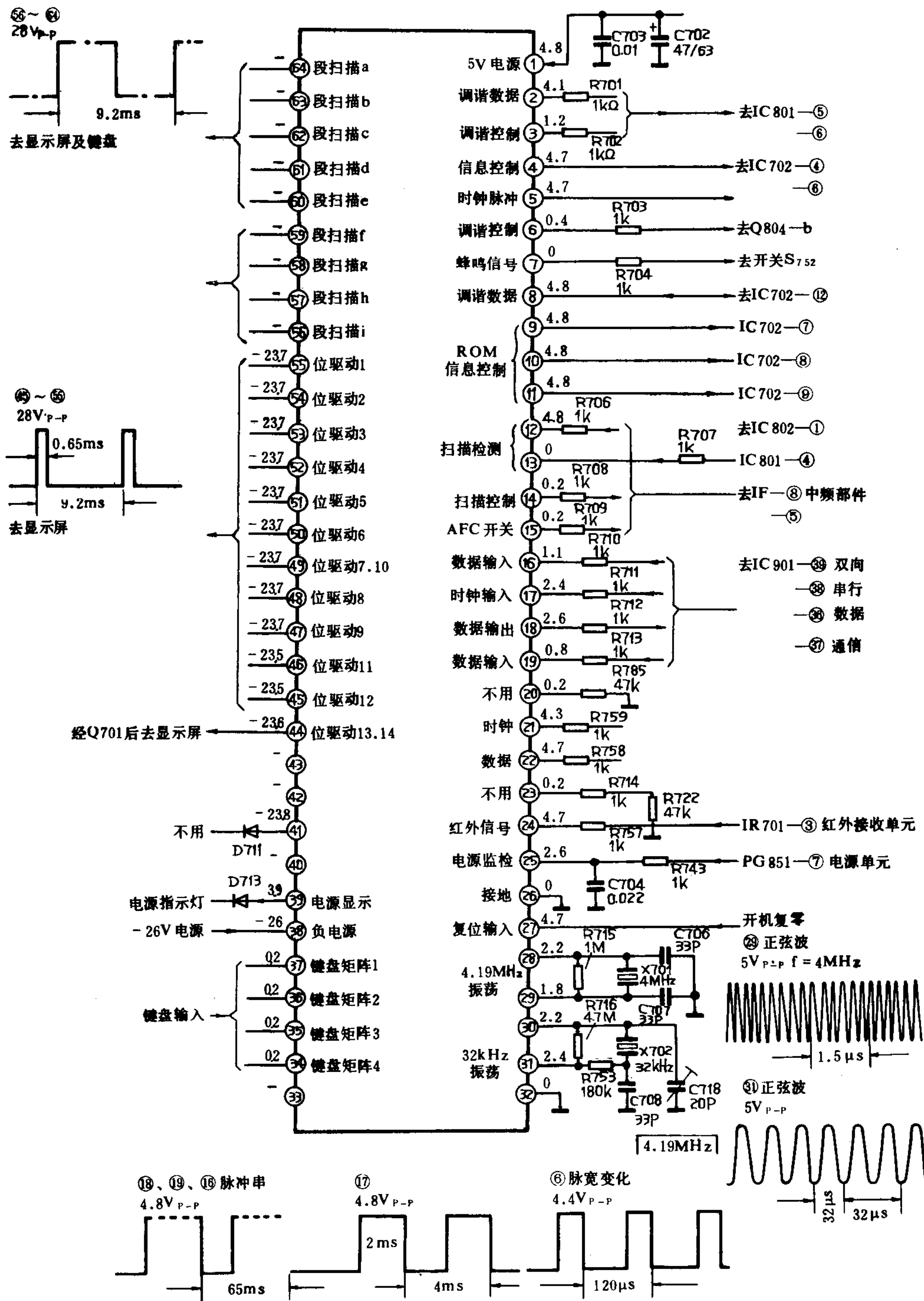


图 11—96　IC701 各引脚信号去向和主要波形

表 11—27　　IC701(M50954—679SP)各引出脚功能和参数表

引编脚号	在线电阻		输入/输出	控制电平	简　称	主　要　功　能
	正笔(Ω)	负笔(kΩ)				
*2	40Ω	27	输出	高	BAND 2	经由 3 个脚输出 2bit 波段代码以选择波段；
*3	40Ω	27	输出	高	BAND 1	
*6	38Ω	20	输出	脉冲	VT	输出 PWM 信号以调节调谐器中本地振荡器的频率
4	40Ω	200	输出	高	C.S	起动定时器和电可变只读存储器之间的通信机能；
5	40Ω	220	输出	脉冲	CLOCK(T1-R)	在定时器和电可变只读存储器之间转移信息的同步信号；
8	25Ω	180	输入/输出	脉冲	DATA(T1·R)	向电可变只读存储器写入或从其读出调谐信息(包括调谐电压,波段,跳越和 AFT 信息,定时器录像的程序)
9	25Ω	180	输出	高/低	ROM C1	输出命令(由 3bit 关联代码而构成)以控制定时器和电可变只读存储器之间的通信。这命令包括地址输入,读出,写入,抹消,等待等
10	25Ω	180	输出	高/低	ROM C2	
11	25Ω	180	输出	高/低	ROM C3	
7	36Ω	∞	输出	脉冲	BUZZER	受了操作命令时或录像机模式改变时输出蜂音器驱动信号
12	25Ω	13.5	输入	低	AFT DOWN	监视中频电路中的 AFT 输出,以判断调谐状态
13	23Ω	33	输入	低	STATION	监视同步信号的存在或不存在以判断频道是否正确调谐
14	23Ω	22	输出	高	DEFEAT	频道改变时输出"高"信号以消除在中频电路中检出的音频信号
15	23Ω	10	输出	高	AFC SW	开动中频电路中的 AFT 动作
16	22Ω	12	输入	脉冲	COUNT DATA	接受信息以显示计数器读值；
17	22Ω	13	输入	脉冲	CLOCK(S-T)	用于定时器微处理机和系统控制微处理机之间的通信的同步信号；
18	22Ω	13	输出	脉冲	DATA(T-S)	
19	22Ω	14	输入	脉冲	DATA(S-T)	向 IC901 传输操作指令输入状态信号
20	21Ω	45	输入	高	STEREO	接地
21	21Ω	100	输出	脉冲	CLOCK(T1-V)	VPS 系统通信,本机不使用
22	20Ω	100	输入	脉冲	DATA(V-T1)	
24	7.3	100	输入	脉冲	IR PULSE	接受遥控信号
25	7.4	75	输入	脉冲	AC CLOCK	校正时钟并检出停电
27	6.4	1.1	输入	低	$\overline{\text{RESET}}$	起始定时器微处理机
28	9.0	∞	输入	AC	X IN	产生系统时钟信号；
29	6.5	16	输出	AC	X OUT	
30	9.2	∞	输入	AC	XC IN	产生停电期间所使用的标准时钟信号
31	6.3	550	输出	AC	XC OUT	
23	20Ω	46	输入	高	P30	按键矩阵输入端口
34	8.5	46	输入	高	MATRIX 4	
35	8.5	46	输入	高	MATRIX 3	
36	8.5	46	输入	高	MATRIX 2	
37	8.5	46	输入	高	MATRIX 1	

引编脚号	在线电阻		输入/输出	控制电平	简　　称	主　要　功　能
	正笔 (Ω)	负笔 (kΩ)				
39 40	36 36	36 36	输出 输出	高 高	OPERATE LED A. DUB LED	使用操作用发光二极管和音频转录用发光二极管
41	36	36	输出	高	PRESET	在预设模式期间输出"高"信号以控制监视用电视机
42 43	36 36	36 36	输出 输出	高 高	L CH R CH	受 SEG b 和 MATRIX4 之间按键矩阵开关的控制以选择声音信号
44 55	37 36	32 36	输出 输出	高 高	GRID 13,14 GRID 1	输出栅格驱动脉冲
56 64	36 38	36 38	输出 输出	高 高	SEGMENT(i) SEGMENT(a)	输出切片驱动脉冲和按键扫描信号
1 26 32 38	13.5Ω 0 0 10	70 0 0 9	输入 输入	高 低 低 低	Vcc GND Vss VDISP	电源用和接地用的引脚

11.6 VT—427E 的机械系统

11.6.1 整体结构

录像机的机械结构系统有别于其他无线电设备。录像机的机械结构系统的任务不仅仅要完成各部件的安装、固定，而且要为视频磁头在磁带上的高速扫描提供稳定的动态传动机构，它必须驱动视频磁头高速旋转，为磁带运行建立走带路径，提供牵引力，并且给行走的磁带施加恰当的张力，因此录像机的机械结构有静态安装和动态运转二部分。习惯上前者称机械安装结构，后者称机心传动结构。机心结构复杂，零件配合紧凑，安装调试要求高，是录像机的难点和关键，因此本节采取先易后难的方法、从外形结构着手，而后分析机心传动原理。

1. 427E 机的外形结构特点

427E 机由于采用 Z 结构的薄形机心，高度仅 76mm，所以其整体外形高度减少了很多，从一般的 95mm 减少到 81mm。该机外形结构以塑料机箱为主体。在它左边箱体内安装机心和稳压电源部件，带盒仓体和前置放大器安装在机心上，在右边箱体内固定主印刷电路板，调谐器/中频单元、射频变换器都装接在主印刷电路板上，后插孔印刷电路板固定在箱体的右后框架上，定时器/操作开关印刷电路板安装在箱体的前面，呈垂直安装位置。在箱体的上、下、前面三个方向分别安装顶盖板、底盖板和前面板。

由于 427E 的整体外形结构基本上采取平面结构，因此生产调试和修理都比较方便。打开上、下盖板，主电路板上的测试孔和调试点一目了然，毫无遮挡。定时器/操作开关电路板和主电路板的联结采用两个铰链式插座连接，可以在通电情况下转动定时操作板，便于维修。

箱体内壁四周，有多个纵向线卡，使 427E 的连接电缆经整理后卡在箱体四周，走线整齐可靠。电路板在箱体上的安装采用塑料卡和螺钉相结合的办法，使安装螺钉大大减少。拆卸时要注意主电路板的安装塑料卡扣，应一一使其解扣。

2. 427EZ 型机心的特点

① 本机采用主导轴电机兼作带盒仓动作驱动力源,因此不再使用 FL 带盒仓装载电机,比以前 Y 型机心少一个电机。

② 增设半加载机构。在插入磁带的停止状态,半装载臂将磁带从带盒中拉出来一小部分,既不贴在音/控磁头上也不包绕在磁鼓上,成"预加载"状态。预加载状态磁带是松弛的。从停止状态转变到倒带或快进状态,由于半装载臂的动作,很快把磁带拉紧,将它紧贴在音/控磁头上(但仍不包绕磁鼓)半装载状态。这时 CTL 控制磁头能拾取 CTL 信号进行节目索引搜索过程。

③ 采用机电一体化的 DD(直接驱动)主导轴电机组件,因此控制及时、精确,能完成帧进、慢放和高速搜索等功能。主导轴电机不仅是磁带运行的牵引力,而且还是带动收、供带盘、前装带及排出过程的驱动力。

④ 用旋转状态开关精确反映机心的多种状态;装载和卸载、排带、停止、快进/倒带、长时间记录暂停、反向搜索、记录和重放、慢动和暂停共 8 种状态。状态开关有三根联线将机心的状态反馈给微处理机,微处理机才能正确控制机器的运行。

3. 427E 机心的作用和分解

打开 427E 录像机顶盖板,机箱左边机心结构尽收眼底,在状态转换过程中,机心内形状各异的大小零件重重叠叠,各自动作目不暇接,初学者要凭直观视觉来推敲动作传动过程是很困难的。要搞清这些零件的作用和互相之间的关系,必须熟悉机心为完成各种工作状态时各零部件所需完成的分解动作,并以动作的驱动力(即以机心的三个电机)和传动机构为思路,将机心分成一个个子系统,分析每个子系统的传动原理和相互关系,解析各零部件的作用和动作。

下面先简要介绍一下 427E 机心的各动力传动装置的子系统。

(1) 鼓电机驱动视频磁头高速旋转

磁鼓组件是录像机的关键部件,安装在机心左后方的磁鼓底座上。鼓组件分上下两部分。视频磁头安装在上鼓上,鼓电机装在下鼓下面。走带状态时上鼓每秒转 25 圈,带动磁头高速旋转,在磁带上扫描。录像机的机心设计中大多数零组件都是围绕磁头在磁带上正确扫描而设计的。427E 磁鼓在重放、记录、暂停、慢放、帧进、搜索时旋转,在停止、快进、倒带时不转,磁鼓驱动原理见伺服系统分析。

(2) 主导轴电机为磁带运行提供牵引力

427E 录像机磁带运行分成:主导轴驱动和带盘驱动两种方式。

① 录放期间,磁带运行,包括记录、重放、正/反向搜索和慢放,应精确满足磁头扫描磁迹的要求。这是通过磁带加载以后,压带轮动作,加给磁带以一定的压力压在主导轴上,由主导轴带动磁带运行。压带轮组件以加载电机为动力,通过状态齿轮、压带滚轮臂传递而动作。它在加载结束和卸带开始时动作,用以压位和释放磁带。

② 磁带在走带状态由主导轴为动力,从磁带盒中拉出来,经过磁鼓扫描以后的磁带必须由收带盘将它收回到磁带盒内。在快进、倒带状态,由收、供带盘旋转,带动磁带卷绕。427E 带盘的驱动以主导轴电机为动力,经皮带传动、收带盘齿轮组件、摆动齿轮等驱动收、供带盘旋转。

③ 带盒仓前装载机构。带盒仓的任务是自动完成磁带盒装入和排出机心。427E 采用前插式磁带装载机构,其驱动力矩来自主导轴电机,通过收带滑轮、FL(前装载)变速轮、继动齿轮带动带盒仓体的升降。因此 427E 和 VT—136E 以前的录像机相比,省去了一个带盒仓电机,降

低了成本。但是由于主导轴电机要兼顾带动二套传动齿轮，在修理和装配时要特别注意齿轮位置的正确啮合。

(3) 以装载电机为动力的传动机构

① 装载机构。装载机构以加载电机为动力，通过状态齿轮带动，完成磁带装载和卸载。装载机构的位置和机器工作状态一一对应，旋转式状态开关反馈了装载机构的状态。

② 主制动器驱动机构。录像机各种工作状态转换的过渡时间很短，为使磁带及时收紧，在收、供带盘上配制了制动器装置。主制动器作收、供带盘的瞬时刹车用。主制动器由装载电机驱动状态齿轮，通过制动器连接臂带动。

③ 供带盘副制动器和收带盘制动器给收、供带盘施加了微弱的压力，防止磁带在状态转换时松弛。慢制动器作用于主导轴飞轮。

(4) AHC(自动磁头清洗)装置

视频磁头缝隙很窄，仅 0.5μm，磁带上磁粉脱落、油污和灰尘都会把磁头缝隙堵住，使机器信号录放不良，这是录像机使用中常见的故障之一。

为此，427E 机心设有自动磁头清洗装置，它是一个由聚脂纤维薄片卷绕成的清洗滚筒，由状态齿轮带动滚筒移位臂动作，每次加载和卸载时，将清洗滚筒与磁头接触来清洗磁头，排除杂物。

11.6.2 磁鼓组件

磁鼓组件是录像机的关键部件，427E 磁鼓用高强度合金铝为材料制作，具有摩擦系数小和耐磨性好的优点。其技术指标规格如表 11—28 所示。

表 11—28　　VHS 磁鼓技术规格

项　目	规　格	项　目	规　格
180°分割	＜4μm	自录/放 RF 入口、出口跌落	≤2dB
磁头突出量	45±7μm		
磁头高度差	＜4μm	亮度信号各路差	≤3dB
径向跳动	＜4μm		
自录/放视频抖动	＜0.18μm		
自录/放 RF 平坦度	≥80%		

图 11—97 表示了磁鼓构造，自上而下各部分为：

① 上磁鼓：用螺钉固定在鼓电机转子支架 C 上，上磁鼓底面安装 2 个视频磁头组件，其中一只是 CH1、CH3 组成的双缝隙磁头。427E 磁头安装精度为：二个磁头高度差±3μm，180°分割±30″，磁头突出量 43^{+4}_{-6}μm，都要用精密仪器调整才能达到 μm 级精度。因此，固定视频磁头的螺钉绝不可松动。

427E 上磁鼓和下鼓联接采用接插件方式，在更换上磁鼓时位置要对准，才能安得上。下鼓上的黑色箭头标志要对着上鼓蓝色磁头基座位置，不可颠倒。上鼓内圆和支架 C

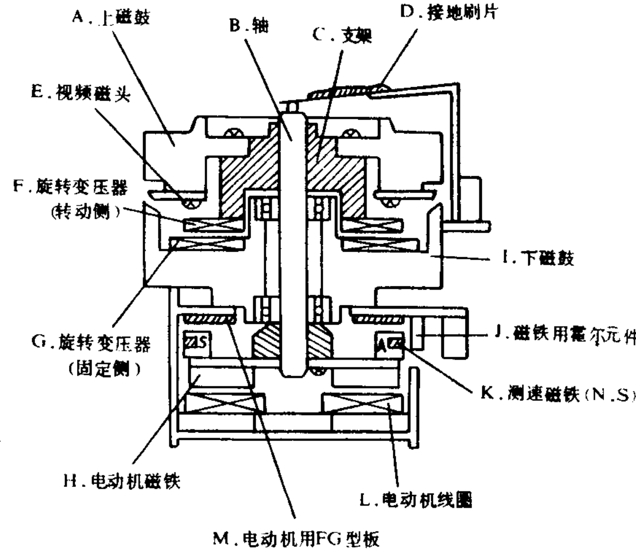


图 11—97　磁鼓结构

接触的地方要用酒精擦拭干净。

上磁鼓顶端有一接地用金属导电片D(接地刷片)，用以释放磁鼓旋转时所发生的静电。如果接地不良，重放图像上会出现蝌蚪状静电噪声干扰。

② 旋转变压器完成电路信号与旋转磁头信号之间的传输，它分上、下两部分，即转子部分和定子部分。变压器磁心呈圆杯形结构，传输线圈就绕在环形杯内。定子部分安装在下鼓定子上，固定不动，上部转子部分装在下鼓的转子支架C上，随上鼓一起旋转。因变压器磁心是杯形，所以上、下磁鼓之间的相对旋转对磁路没有影响。427E为三磁头磁鼓，其旋转变压器有三组，每组对应一个磁头。重放时，各自把磁头从磁带上拾取的信号传输给预放器。记录时，记录放大器的输出信号通过旋转变压器送给CH1、CH2磁头。

③ 磁鼓电机。在伺服电路中讲过，427E鼓电机和集成电路驱动块是机电一体化产品，离开了驱动电路电机不能单独工作。427E驱动电路IC603在主印制板上，定子线圈、位置检测器霍耳器件、转子磁钢都在下鼓组件中。

④ TACH位置检测器。在磁鼓电机转子磁铁的外层装有N极和S极两个磁铁，转子旋转时，TACH检测器检测转子位置，N极磁体对应CH2视频磁头。TACH位置检测信号是一个很重要的鼓位置反馈信号，使鼓伺服电路能正确控制鼓电机运转的相位，并由它产生25Hz磁头开关转换脉冲信号。

有关磁鼓的几个注意事项：

维修中当要求更换视频磁头时，必须连同上磁鼓一起更换。

磁头表面光洁度很高，磁带沿着下鼓外侧的螺旋线行走，这是极精细的部件，如果沾有灰尘和杂物时可以用酒精擦拭干净，绝不可用销钉等细尖工具刮擦。

磁鼓下部的滚珠轴承不可上油。

轴承支持用的金属配件螺丝绝不可旋松，该螺丝是调整磁鼓滚珠轴承预压力用的。

11.6.3 带盒仓装载机构和收供带盘

1. 前装载式带盒仓机构

427E带盒仓机构采用前装载方式，和日立公司以前的机器比较，省略了带盒仓电机，用主导电机来驱动带盒仓的动作。

427E录像机磁带的装带和排带动作较之前期录像机大有改进。它把磁带装入机心的预定位置后，还将磁带从磁带盒中拉出一部分成预加载状态，为磁带在快进和倒带时进入半加载状态做准备。装载的前一个过程由带盒仓机构完成，后一过程的驱动力是加载电机。由于其动力传动装置和压带滚轮操作臂相联，所以我们将这部分动作放在压带轮驱动机构中叙述。磁带盒的排出动作是装入的逆过程。

427E的带盒仓机构主要有：

① 主基板：是整个带盒仓结构安装的基础。

② 带盒仓座：由金属冲击件和塑料注塑件装配而成，主要零件有：支撑杆、带盒仓底座、右盒带座、左盒带座，空带盒自锁臂及压簧，带盒仓座由驱动齿轮带动沿着左、右盒带座“「”型导轨滑动，带动磁带盒装入或排出。

③ 右侧齿轮托座：为黑色塑料托架，固定FL蜗杆、蜗轮、驱动齿轮。

④ 开关传动臂A：它和⑥开关传动臂B将带盒仓状态，包括磁带是否插入到位，磁带盒仓上、下位置传递给微动开关S142，控制S142的通断。

⑤ FL 蜗轮杆：它和⑦大蜗轮，将继动齿轮转速变慢，传递给驱动齿轮。

⑥ 开关传动臂 A。

⑦ 大蜗轮。

⑧ 驱动齿轮：带动带盒仓座动作。

⑨ 门柄，和盒仓门相连。

⑩ 前板座，黑色注塑件，是带盒仓前部的固定支撑架。

⑪ 轴销，带盒仓底座上冲压而成突起销钉，为磁带推入的导轨。

⑫ 磁带盒仓门。

⑬ 齿轮托架。

2. 带盒仓传动工作原理

主导轴电机的驱动力矩通过皮带传动到达离合器组件内收带滑轮，收带滑轮通过 F、L 变速轮传递，带动继动齿轮，继动齿轮通过蜗轮蜗杆减速带动驱动齿轮，从而使盒仓动作。

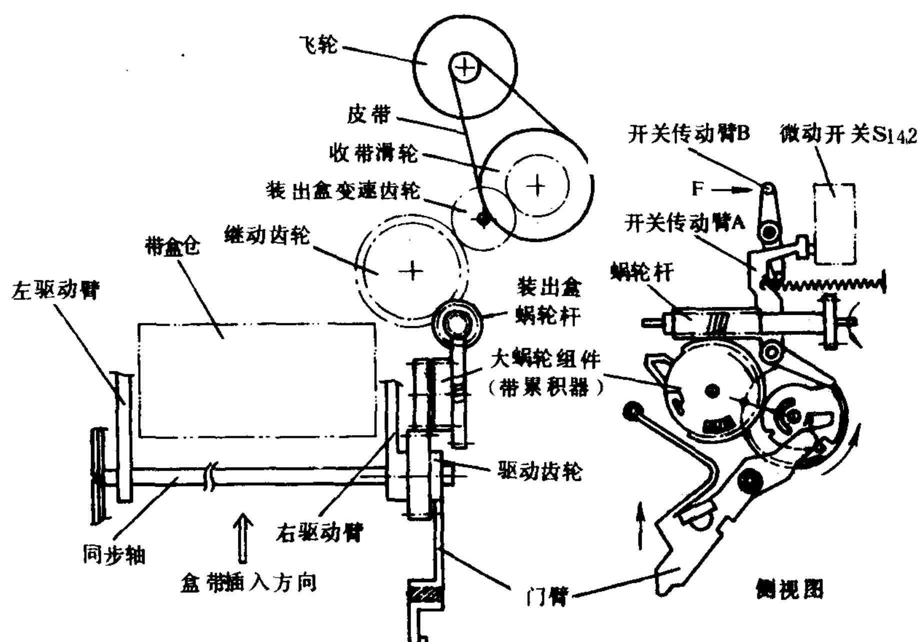


图 11—98 前装载机构

装带过程，把盒式磁带推入带仓门内（约 13mm 深度）后，左右驱动臂将磁带推入位置的状态信息通过驱动齿轮传动，由齿轮右侧凸轮推动开关传动臂 A 跟随动作，压下微动开关 S142（见图 11—98 前装载机构）。S142 接地信号使 IC901㉞脚从高电平变成低电平，IC901 就控制主导电机正转，通过传动机构使带盒仓从外向里，自上而下运动。在带盒仓下降的过程中，左盒带仓顶住开关传动臂 B，通过臂 B 逐渐将臂 A 抬起。一旦装带到位，传动臂 A 释放开关 S142，使 IC901㉞脚恢复高电平，微处理机输出信号控制主导轴电机制动。随后是加载电机驱动的 F.R 加载过程。

主导轴电机不仅作为主导伺服系统的动力驱动装置，而且作为普通电机驱动磁带盒仓的前加载、收供带盘的卷绕旋转，因此主导轴电机经皮带传动驱动收带滑轮，收带滑轮左右各啮合一套传动齿轮，即 F—L 带盒仓变速齿轮和卷带变速齿轮，见图 11—99。这二套齿轮靠移动变速齿轮上、下位置办法来传递或解除力矩。这里 F、L 变速轮用 F、L 变换臂变换位置，而卷带变速轮用卷带变换臂拨动卷带变速轮上、下位置来变换传动的齿轮组。二组齿轮和变换臂都装在离合器组件中。其齿轮传动装置见图 11—99 主导轴电机齿轮传递关系示意图。

卷带变换臂和 FL 前加载变换臂靠滑块组件带动，完成工作状态的转换，滑块由加载电机带动（在 11.6.4 节叙述）完成状态转换。

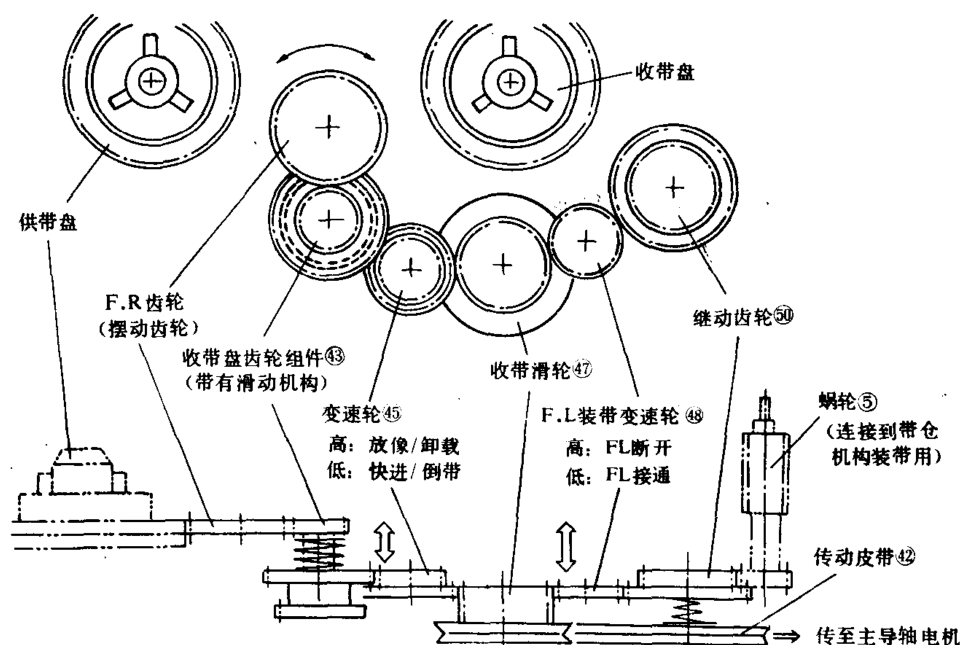


图 11—99 主导轴电机齿轮传递关系示意图

表 11—29 表示了上述两个变速轮在各种工作状态下的工作位置。

表 11—29　　　　卷带变速轮和 FL 变速轮传动工作状态

	模　式	卷带变速轮的位置	F.L 变速轮的位置	备　注
1	前装载	高	低	
2	放像/录像/装载/卸载	高	高	
3	快进/倒带	低	高	

427E 带盒仓在不插入磁带的情况下，为避免空盒仓的误动作，设有机械自锁装置。在盒仓左边装有空盒仓自销臂。在磁带未放入的情况下，锁臂上方的小钩带住盒仓主基板限位槽。在不采取措施的情况下，用人工办法是不能将盒仓降入加载位置的。修理或拆卸时，如果需要拨动盒仓位置，应将自锁臂向里推到底，使小钩脱离盒仓主基板限位槽后才能动作。

427E 带盒仓状态的检测元件包括：S142 微动开关及磁带头、尾状态检测光敏器件。光敏检测器件安装在机心下面的传感器印制板上，因此 427E 带盒仓组件是纯机械结构装置，不含电气元件，不存在接插件联接问题。维修时拆去带盒仓，将传感器两侧的光敏二极管挡住，压下一般操作键即能进入动作状态。这一点和其他机器不同，维修时较为方便。当然在拆掉带盒仓不装磁带的走带状态下，机心由于其它传感检测器件没有提供应有的检测输出，机器进入状态后，又会自动进入停止保护状态。

3. 收、供带盘驱动机构

427E 收、供带盘由 F.R 摆动齿轮驱动。带盘下端周围有一圈小齿轮，和 F.R 摆动齿轮啮合，以齿轮方式传动力矩，两者之间不存在滑动摩擦传动。摆动齿轮右摆收带盘旋转，左摆则供带盘旋转。

收带盘旋转在快进/倒带方式和录/放走带方式下，其速度和力矩传动方式不同。在快进/倒带状态不仅转速快，而且旋转速度不为定值，驱动力矩大，带盘转速快。427E 在快进/倒带状

态用改变主导轴电机驱动电压的方法来改变带盘驱动速度。在快进/倒带的起始状态，主导轴电机驱动电压低、力矩小，待起动以后驱动电压变高，力矩大，转速加快。在重放状态时走带由主导轴带动，速度是恒定的，为 23.39mm/s。因此主导轴旋转的线速度由于走带速度的要求就确定了，电机的转速也就恒定了。但是同一个电机既要带动主导轴，还要靠收带盘齿轮组件带动收带盘旋转，而磁带盒中带盘卷在不同的磁带起始状态直径是变化的，在带头位置，收带卷直径小，故由主导轴拉出一定量的磁带就要求收带盘转速快，才能将磁带卷绕进带盒；而在带尾位置，收带卷直径小，只要小的转速就能收回磁带。因此 VHS 走带系统用主导电机同时带动主导轴和收供带盘旋转时，在传动过程中必然要及时调整与收带盘传动的转速比。427E 在主导电机和收供带盘传动过程中插入一个摩擦滑动的环节，以滑动来自动调节传动比，解决上述矛盾。

427E 收供带盘力矩传动过程的摩擦滑动环节做在离合器内收带盘齿轮组件中。收带盘齿轮组件共分三层齿轮，中间一层直径最大，上、下两层齿轮装配后和转轴固定，不存在滑动，中间齿轮和转轴之间装有摩擦滑动机构。427E 在快进/倒带方式卷带变速轮被卷带变换臂压下，它和收带盘齿轮的下层小齿轮啮合。卷带变速轮也有两个直径不同，齿数各异的齿轮和收带盘齿轮传动可以变换速比。转动速比变化不大，收带盘以较大的转速驱动收供带盘旋转。而在重放状态，卷带变速轮被变换臂释放，由于下面压簧的作用处于"上"位置，卷带变速轮和中间层齿轮啮合，传动速比大（变慢），收带盘齿轮转速变小，而且中间层齿轮和转轴之间存在滑动，以此滑动来调整收带盘的转速。

中间层齿轮和下层齿轮之间填有毛毡摩擦片。两者之间施加一定的压力，靠摩擦片和二个齿轮侧面的摩擦力来传动驱动力。在重放状态时传动过程是这样的：卷带变速轮靠齿轮耦合驱动收带盘齿轮组件的中间层大直径齿轮，中间层齿轮通过摩擦传动由摩擦滑动自动调整转动速比，带动上层齿轮。随后通过 F.R 摆动齿轮驱动带盘旋转。

在倒带、反向搜索、卸带状态：原供带盘是主动轮（动力轮），而原收带盘则是从动轮；在快进，记录、重放和搜索、慢放状态，收带盘是主动轮，供带盘是从动轮。

供带盘侧面装了主制动器、副制动器和张力带，前者控制带盘的制动，后二者控制带盘的反力矩，保证磁带在各种状态下都不会松弛。

收带盘侧面装了主制动器、制动器，分别用来控制带盘的制动和施加反力矩，使磁带不致松弛。

上述收、供带盘的主制动器、副制动器、制动器由滑块装置组件中滑动联杆驱动。滑块组件中有二根滑块联杆 M、B。联杆 B 带动主制动器动作，联杆 M 带动离合器组件卷带变换臂和 FL 变换臂、供带盘副制动器，完成齿轮传动装置状态和其它状态的转换。

11.6.4 以加载电机为驱动力矩的机械传动装置

1. 装载机构

录像机在记录/重放的走带状态，需要将磁带从带盒中拉出来，沿磁带运行轨道将磁带包绕在磁鼓上，使上鼓高速旋转时视频磁头能正确地在磁带上扫描。这个过程称装载（加载）过程，反之称卸载过程。装载和卸载动作由装载机构完成。

在前加载过程中，磁带下降到机心后由半加载臂把磁带拉出少许成预加载状态，习惯上称这过程为 F·R 加载。它的逆过程称 F·R 卸载。F·R 加载过程虽然和加载过程同是以加载电机为驱动力，但是传动装置不同，所以这个过程我们在以后半加载段落叙述，这里先介绍装载

机构。

图 11—100 表示 427E 装载机构，它主要由装载电机、单向离合器、大蜗轮组件、状态齿轮、拉臂、导轨杆、左右装载齿轮、左右装载连杆、供带侧导带滚轮组件及收带侧导带滚轮组件等组成。

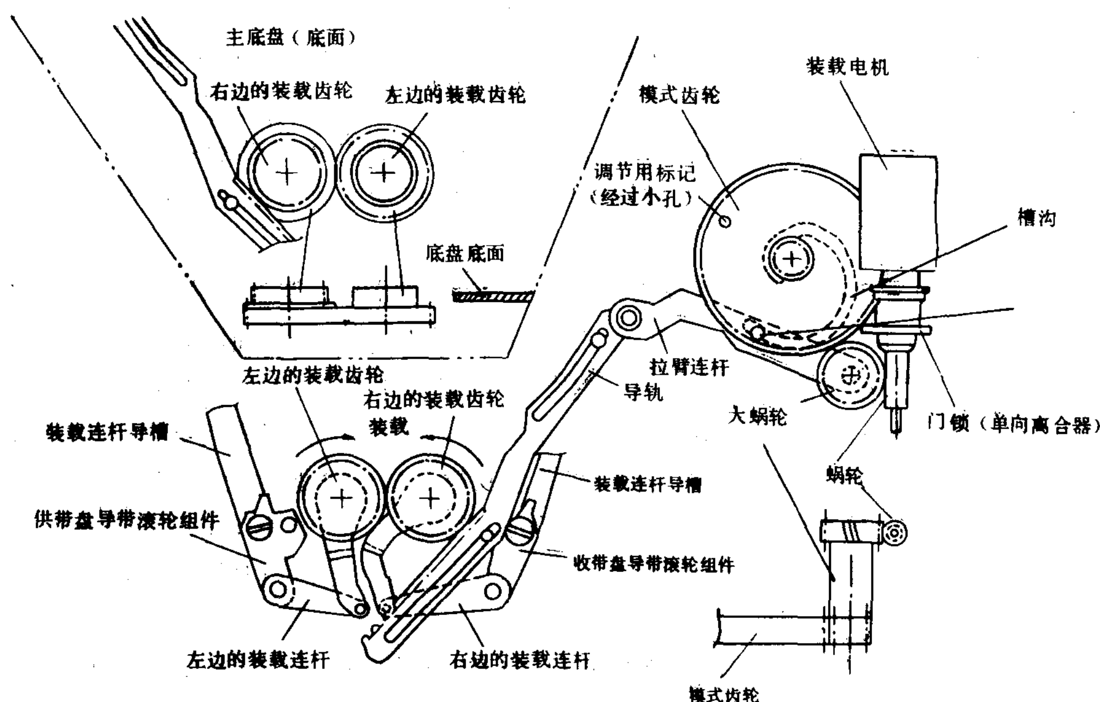


图 11—100 装载机构

如图所示，装载电机的转矩通过蜗杆、蜗轮减速，驱动状态（模式）齿轮旋转。状态齿轮的正、反两面各刻有二条形状不同的凸轮曲线槽沟（见图 11—101）。被状态齿轮带动的驱动臂上带有从动销钉，卡在对应的凸轮曲线槽沟内。当状态齿轮转动时，从动销钉就有位移量，如此带动驱动臂位移。驱动臂再通过杠杆原理带动负载运动。状态齿轮上正、反二面四条形状不同的凸轮曲线可以带动四个位移时序不同的负载，加载机构就是负载之一。凸轮曲线槽传动方式为凸轮转动装置的演变，一个齿轮可以代替四个凸轮装置。图 11—101 是状态齿轮凸轮曲线示意图，加载机构用反面的 C 曲线。

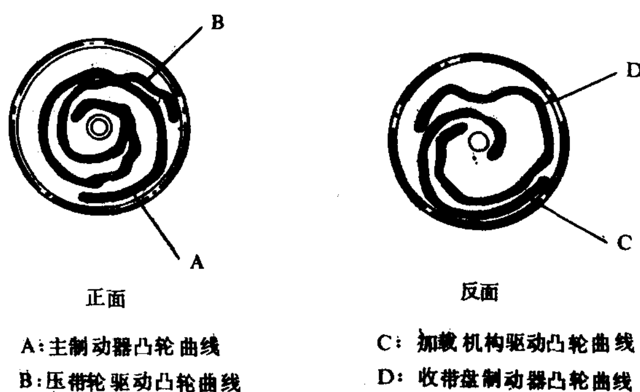


图 11—101 状态齿轮凸轮曲线槽示意图

加载驱动臂是一个行程放大杠杆，其动力臂和阻力臂在支点的同一侧，支点在大蜗轮的轴心上。动力点是从动销钉，卡在大蜗轮反面的凸轮曲线槽 C 内，如图 11—100 所示的状态齿轮位置。当齿轮顺时针方向旋转时，驱动臂负载阻力点上升，带动导轨杆上升，导轨杆下端齿条和装载齿轮啮合，带动右装载齿轮反时针方向旋转，从而带动右装载连杆。装载连杆上固定着导带滚轮组件，它是驱动磁带加载的终端驱动杆，其下部卡在装载连杆导槽内，导槽按 VHS 走带要求设计。加载电机顺时针方向旋转时，收带侧导带滚轮组件（图中未画出）沿装载连杆导槽向磁鼓方向移动。装载齿轮、装载连杆实质上是一个曲柄连杆装置，把装载齿轮的转动变成负载

导带滚轮组件的平移运动。右装载齿轮左侧还耦合着左装载齿轮，右装载齿轮逆时针方向旋转时，左装载齿轮被带动，作顺时针方向旋转，和右侧一样带动供带侧滚轮组件加载。它和收带侧导带滚轮组件同步移动，完成加载的过程。

状态齿轮上面，用齿轮耦合的方式，驱动旋转状态开关旋转，检出状态齿轮的旋转角度，从而检出加载机构的位置。当导带滚轮组件加载到位时，状态开关旋转到对应的走带位置(见11.5控制系统)，状态开关把加载机构检测的位置信息输给微处理机 IC901。微处理机输出信号控制装载电机停止旋转。由此可知，状态齿轮和状态开关的齿轮啮合位置是很精确的，修理和装配时位置要注意正确性。

2. 主制器驱动机构

图 11—102 表示主制动器驱动机构

由图可知，主制动器驱动机构主要由制动器拉臂、制动器连接臂、制动器变换臂、滑块 B、继力臂、弹簧、供带盘主制动器、收带盘主制动器等组成。主制动器安装在两个带盘旁，制动时分别压住带盘，施加旋转阻力矩，制动带盘旋转，防止磁带松弛。在工作状态需要带盘自由旋转时，主制动器脱离带盘。

在一般情况下，收、供两侧带盘主制动器是同步动作的，它们由主制动器驱动机构带动，变换工作状态。但是，供侧主制动器还可以受滑块 M 的驱动，在停止状态变到排带状态时，仅供侧主制动器从制动状态变到释放状态。它们驱动的原始动力都是加载电机，但是传动机构不同。

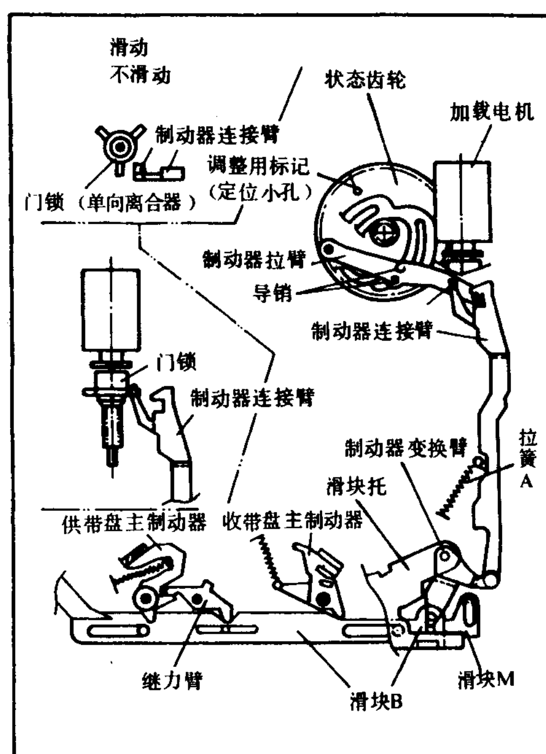


图 11—102 主制动器驱动机构

由于在加载时，磁带是被导带滚轮从带盒中拉出来的，收、供带盘都是作为从动装置，因此加载加载机构的二个主要动作为：先是半装载if动作到位，尔后紧接着导带滚轮动作，将磁带拉出来。二个动作虽然由不同的驱动机构带动，在时间上是一前一后紧接着进行的。前者和带盘运动关系不大，因带盘是从动的，所以主制动器可以是整个过程都处于释放状态。卸带时，加载机构的二个主要动作相反了，先是导带滚轮收回来，这时需要供带盘作为主动轮收回卷绕松弛的磁带，主制动器应该保持释放状态。然后半加载臂退回，这时供带盘需要制动，不能卷绕磁带，否则磁带位置会不对。因此主制动器驱动机构的设计必须解决加载过程和卸带过程两者动作的不可逆性。427E 在主制动器传动机构中设计了单向离合器来解决这个矛盾。具体工作原理如下：

(1) 加载过程(见图 11—102)

装载电机顺时针方向旋转时，带动状态齿轮顺时针方向旋转，状态齿轮的凸轮曲线槽 A 带动制动器拉臂，使其右端阻力点上升(原理和加载拉臂传动相似)，利用凸轮槽及杠杆原理动作，将和它连接的制动器连接臂逐渐向上升方向拉动。这就拉动制动器变换臂向反时针方向旋转。由于制动器变换臂的传递而把滑块 B 拉向右边。收带盘主制动器直接接触滑块 B，供带盘制动器通过继力臂接触滑块 B。当滑块 B 向右移动时，这两个制动器分别从带盘座离开，使带盘自由旋转。加载过程一开始，制动器驱动机构就动作，释放带盘。

（2）卸载过程

卸载一开始，加载电机反时针方向旋转，带动状态齿轮反时针旋转，导带滚开始返回，磁带松弛，制动器拉臂的导销同时也在槽式齿轮的凸槽A中滑动。但是由于在整个导带滚轮返回的过程中，凸轮曲线A至圆心的距离变化很小，所以制动器连接臂下降很少，二个带盘的主制动器就一直保持释放状态。一旦导带滚轮返回卸带的终止位（即STOP位置），制动器连接臂就下降到一个特定位置，其P点垂直向上突起的小端子正好对准单向离合器三个小杆的位置。单向离合器装在加载电机的转轴上，和传动蜗杆为一体。电机旋转时三个小杆也旋转，接触制动器连接臂P点突出的小端子，把连接臂向右推移。连接臂上方钩子就脱离制动器拉臂右边的销钉，和凸轮脱离，连接臂就被拉簧A迅速拉下，滑块B迅速左移，收、供两侧的制动器就将带盘制动。该装置的设计使卸载时，导带滚轮一到位，主制动器就动作，恢复制动状态。

卸带过程中导带滚轮到位后，装载电机继续反时针方向旋转，通过状态齿轮的凸轮曲线槽A带动半装载臂活动。这时状态齿轮同时带动制动臂拉臂顺时针方向旋转，右端位置下降，销钉重新推开制动器连接臂小钩，又重新挂住拉臂，恢复两者连接关系，为下一次加载做好准备。

卸带过程制动器拉臂和连接臂的离合动作在加载时不会发生。这是因为加载过程中电机顺时针方向旋转，单向离合器上的三个小杆在特定位置碰上后，因连接臂挂钩不可能左移，所以小杆和P点垂直突起小端子打滑，连接臂很快上移避过该特定位置。所以这个装置称单向离合器。它解决了主制动器传动机构加载和卸载动作的不可逆性

3. 压带轮、供带盘、副制动器、半装载杆驱动机构

427E压带轮驱动装置如图11—103压带轮/供带盘副制动器驱动机构。

由于压带轮驱动和供带盘副制动器使用同一条状态齿轮凸轮槽B，其动作时序和大部分传动机构是相同的，所以将二者放在一起叙述，供侧主制动器还有一种驱动方式，也由该装置承担，也在这里介绍。

（1）压带轮驱动机构的作用和组成

压带轮在加载完成到位后动作，靠向主导轴，使磁带和主导轴之间有一定的正压力，产生足够的静摩擦力，主导轴转动时才能带动磁带前进。

压带轮传动机构由加载电机通过状态齿轮的凸轮曲线槽B驱动。传动机构主要由：压带轮操作臂、压带轮弹簧、压带轮变换臂、压带轮连杆、压带轮臂及压带轮组成。

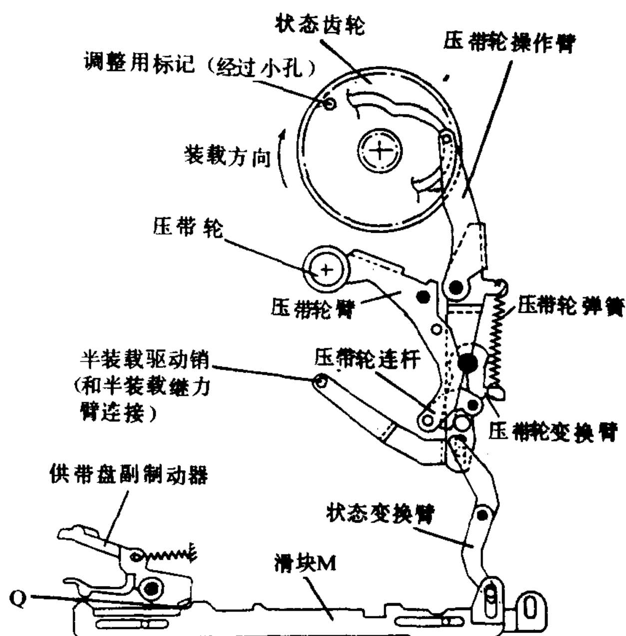


图11—103　压带轮/供带盘副制动器驱动机构

（2）压带轮机构的传动驱动过程

状态齿轮正面凸轮槽B凸线用于压带轮传动机构，压带轮操作臂顶端的销钉卡在这个槽内。加载时当状态齿轮顺时针方向旋转时，压带轮操作臂向反时针方向旋转，该操作臂右端随之上升。通过弹簧传递将压带轮变换臂向反时针方向旋转，压带轮连杆就被拉向右边。这就带动压带轮臂反时针旋转，将压带轮压上磁带，靠紧主导轴。这时状态齿轮继续被加载电机带动顺时针方向旋转，压带轮操作臂继续上升。但是压带轮变换臂因压带轮已经压上主导轴而

不能再旋转，所以压带轮弹簧被拉长，从而使压带轮和主导轴之间产生一定的压力，满足磁带运行的要求。卸带过程是加载的逆过程，这时加载电机反时针方向旋转，将压带轮从主导轴上松开，使加载机构能带动磁带卸带。

(3) 供带盘副制动器传动机构

供带盘副制动器在装载和快进状态压住供带盘，给它施加微弱的阻力矩，防止磁带松弛。

供带盘副制动器传动机构是压带轮驱动机构的另一驱动分支，压带轮变换臂下端还挂着状态变换臂。加载时，当压带轮变换臂反时针旋转时，和它相连的模式变换臂顺时针方向旋转，将滑块M推向左边、滑块M上Q点突起顶住供带盘副制动器右端，使副制动器反时针旋转，从供带盘上松开。供侧副制动器仅在录/放走带状态松开。卸带过程时，副制动器的动作是加载的逆过程。

(4) 供带盘主制动器的F·R半加载和F·R卸载传动控制。

前面讲过供带盘主制动器在大多数状态和收带盘同步动作。但是在前装载和排出过程的F·R半装载卸载过程，仅使供侧主制动器释放，收侧不动，这就不能靠图11—102那套驱动机构，用滑块B来带动，而改用压带轮驱动机构带动滑块M来仅驱动供侧主制动器。在从停止状态向排带状态的转换过程中，加载电机作反时针方向旋转，如同上面所叙述的一样。这时滑块M向右移动，由此带动继力臂反时针方向旋转，从而将供带盘主制动器松开，在排带状态主制动器保持松弛释放状态。前加载过程主制动器的动作是上述排带过程的逆过程。在前加载的整个过程中，主制动器都是松开的，一直到停止位才将制动器压上带盘。

4. 半装载机构

427E在停机待命状态，走带机构呈“预加载”状态；而当快进/倒带时，呈“半加载”状态。这两种状态是由半装载臂带动磁带进入设定位置的。半装载机构的传动机构也是压带轮传动机构的分支。它们共用状态开关的同一条凸轮曲线槽B，在压带轮变换臂上装上半装载驱动臂。由半装载驱动臂带动半装载臂动作。图11—104是半装载机构示意图。

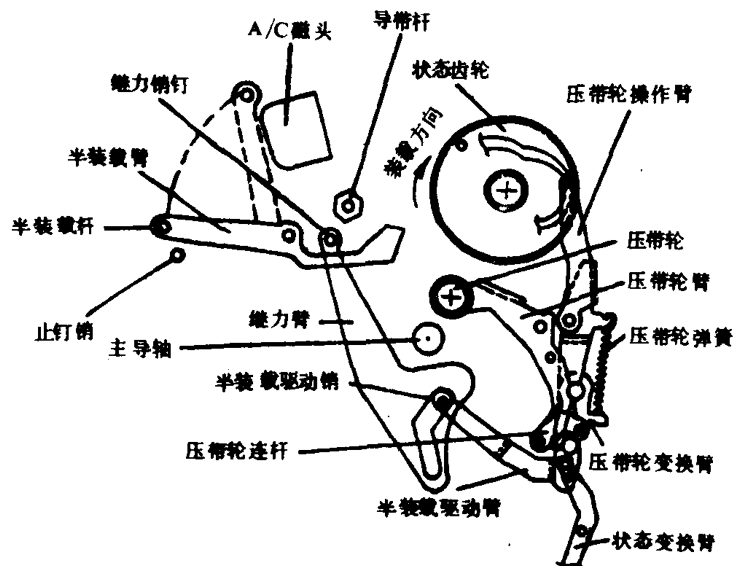


图11—104 半装载机构示意图

半装载机构由半加载驱动臂，继力臂和半装载杆组成。半装载杆有三个稳态位置：排带位、预加载位和半加载位。在走带状态时，半加载杆不起作用，虽然这时也处半加载位置。从传动原理看，仅有加载和卸载过程的区分，其中卸载是加载的逆过程。

加载过程的传动：由于加载电机顺时针方向旋转，带动压带轮变换臂作反时针转动，半装载驱动臂连在变换臂的下端，使半装载驱动臂往下移动，带动继力臂作顺时针转动。继力臂左端的继力销钉带动半加载臂作顺时针方向旋转，其上的半装载杆带动磁带作F·R加载变换过程。

凸轮曲线槽B带动压带轮驱动机构动作，427E在压带轮驱动机构中挂上四个负载：压带

轮，供带盘副制动器、供带盘主制动器和半装载杆。细心的读者可能会问，这四个负载的动作时序是不是相同的，回答是否定的，压带轮动作和供带盘副制动器动作时序相同，压带轮在走带状态动作，压上主导轴，供带盘副制动器这时也动作，释放供带盘。而主制动器的动作（由滑块M带动的动作）和半加载F·R加、卸带动作时序大致相同。427E虽然将它们共用一条凸轮曲线槽传动机构，但是在设计上使用了不同的曲线段，使凸轮操作臂根据负载时序要求，产生不同的凸轮位移量来解决上述矛盾。前者两个负载公用同一段曲线，后者二个负载使用凸轮曲线的另一段。停止状态时，压带轮操作臂的凸轮销钉位于曲线内某一位置，顺时针方向旋转是压带轮和供带盘副制动器动作，反时针旋转时曲线的另一段驱动主制动器和半加载杆动作。当然，这时压带轮和主制动器的传动装置也跟随动作，但是这些动作对工作状态没有影响。

5. 收带盘制动器和主导轴电机慢制动器驱动机构

收带盘制动器在加载、卸载过程都压着收带盘，以微弱的压力给收带盘机构施加若干反力矩，防止磁带被拉出来。在反向搜索和暂停状态，收带盘制动器也刹在收带盘上，保持应有的磁带张力。

慢制动器在慢放期间压在主导轴电机的飞轮上，使慢放时主导轴间歇驱动的停止时间缩短，提高停止位置精度。

图11—105是收带盘制动器/慢制动器驱动机构图。它们的驱动力也是加载电机，通过状态齿轮的凸轮槽D来控制二者的动作。

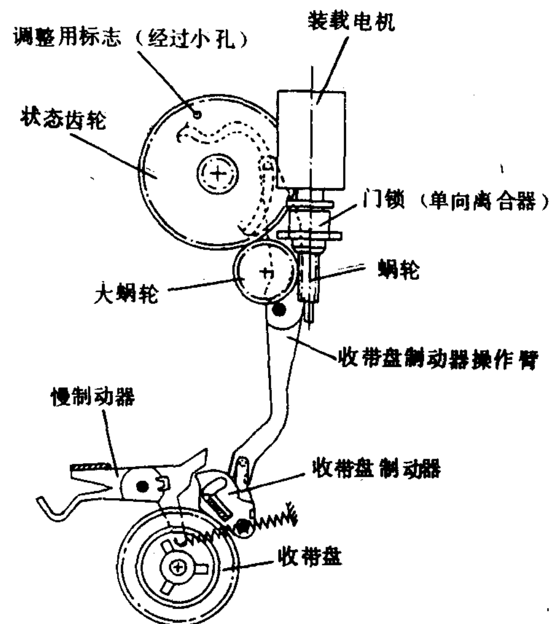


图11—105 收带盘制动器/慢制动器驱动机构

收带盘驱动机构由收带盘制动器操作臂传递动力，带动其动作，与上面几个组件传动原理相似。该操作臂顶上的销钉卡在状态齿轮凸轮曲线槽D内，凸轮槽D在状态齿轮的反面。加载电机旋转时带动状态齿轮旋转，凸轮槽D带动操作臂左右移动，将收带盘制动器压上或释放收带盘。

收带盘制动器左上方突起顶住慢制动器动作，该机构传动中间连杆少，读者看图11—105就能理解，不再赘述。

6. 自动磁头清洗机构(AHC)*

自动磁头清洗机构是日立公司根据VHS录像机实际使用过程中，经常发生视频磁头脏堵故障而设计的一种磁头清洗装置。该装置用聚脂纤维薄膜在一个滚筒上卷绕80圈形成一个清洗滚筒（薄膜厚度为0.1mm）。每次加载和卸载时，利用装载机构拉臂运动时，带动滚筒靠上磁鼓，和磁头接触而进行清洗。该装置首先在427E机器上应用，效果良好。

图11—106表示清洗滚筒组件结构，它由清洗滚筒、垂直凸轮滚筒、棘轮臂、垂直驱动臂、水平驱动臂、驱动臂、弹簧B、弹簧A等组成。

各部分的作用如下：

(1) 清洗滚筒

为直径约10mm小圆柱体，中间是塑料圆柱体，外面绕有0.1mm厚的聚脂纤维薄膜，表面

---

* 部分VT—427E录像机未装自动磁头清洗组件。

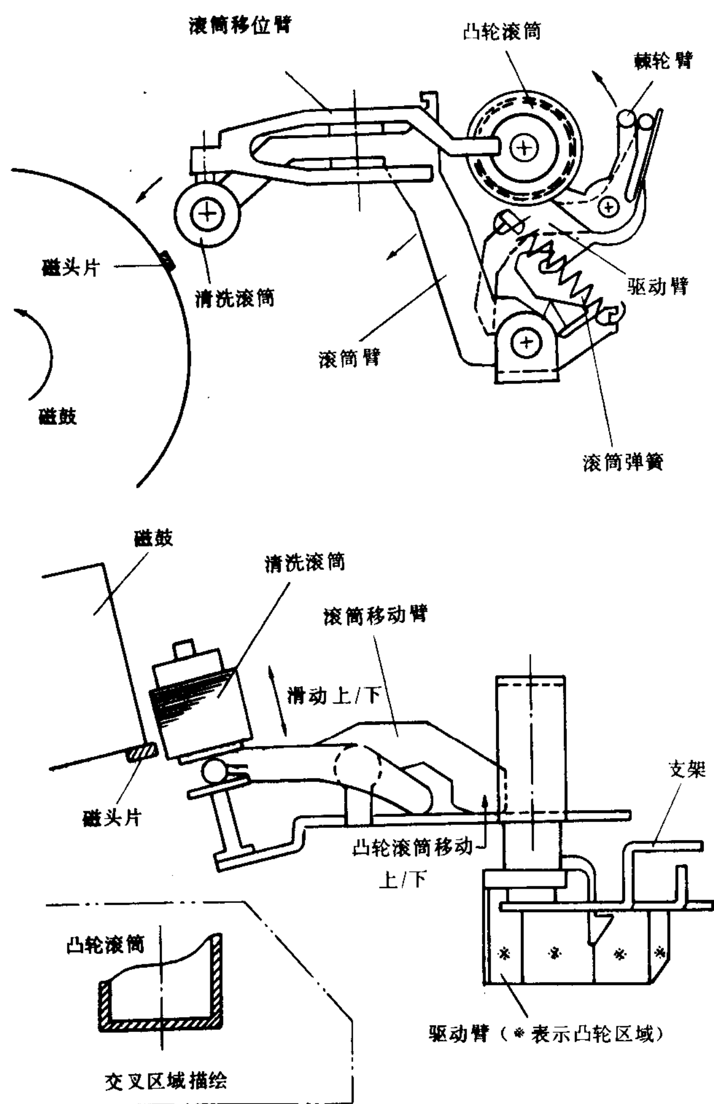


图 11—106 清洗滚筒组件

不带任何清洗液，既柔软又有弹性。当磁头上的微细脏粒被它擦掉以后，纤维本身不吸收脏粒而是进入滚筒表面。清洗滚筒套在水平驱动臂左端的垂直轴上，滚筒可以自由旋转，也可以在垂直轴上进行上、下移动。它的下端由垂直驱动臂托着，工作时垂直驱动臂不断缓慢地改变高度，变换和磁头接触的部位。水平驱动臂反时针旋转时，它就靠上磁鼓清洗磁头。

(2) 垂直驱动臂

为在垂直平面内旋转的杠杆，支点位于杠杆中间部，固定在水平驱动臂上，右端压在凸轮滚筒的凸轮面上，左端托住清洗滚筒的下端。当凸轮滚筒旋转时，左端高度的变化传递到右端，改变清洗滚筒的上、下高度。该驱动臂支点的右方有一个拉簧(图上没有画)，拉簧使杠杆复位能压在凸轮滚筒的斜面上。

(3) 水平驱动臂和弹簧 A

它是清洗滚筒组件的主要驱动臂，当驱动臂反时针方向旋转时，由弹簧 A 传递带动水平驱动臂反时针旋转，使清洗滚筒向靠上磁头方向移动。靠上磁鼓以后，驱动臂继续旋转，弹簧 A 拉长，清洗滚筒和磁鼓的压力增加。水平驱动臂和驱动臂的旋转轴都是图示转轴，它又是二者的固定支架。弹簧 A 起到清洗滚筒接触磁鼓的缓冲作用，还能调节二者接触的压力。

(4) 驱动臂

它是传递加载机构动力的作用臂。驱动臂在图 11—106 中画“⊕”标记下方位置有一垂直小杆，小杆位置处于加载机构拉臂右边端点经过的路径(见图 11—107)。每次加载或卸载过程，加载拉臂终端都要将驱动臂小杆向左推离平衡位置，使驱动臂反时针方向旋一个角度，从而带动清洗滚筒靠上磁头。拉臂右端点过去以后，驱动臂又自动复原，清洗滚筒离开。

(5) 弹簧 B

它是使整个机构恢复常态位置的动力。它的一端固定在机心支架上，另一端拉住驱动臂，每当驱动臂逆时针方向被外力驱动旋转时，弹簧 B 被拉长，外力过去以后，驱动臂被弹簧 B 拉回原来位置。

(6) 凸轮滚筒

它是使清洗滚筒不断改变高低位置的装置之一。它的上部是一个斜劈形的圆柱体，圆柱每旋过一个角度，其顶端斜劈面高度就变化一点。圆柱下面是一个同轴的单向棘轮。棘轮臂左端

的棘爪推动棘轮转动。每当驱动臂被逆时针方向驱动一次，棘轮臂左端的棘爪推动棘轮转过一个齿牙，凸轮滚筒转过一个小角度，通过垂直驱动臂带动清洗滚筒上、下移动一个距离。必须指出，棘轮臂推动棘轮旋转时，水平驱动臂还没有转动，等水平驱动臂开始转动，棘轮已经旋转结束。这样保证清洗滚筒接触磁鼓时，滚筒上、下位置不变化。棘轮是顺时针单方向旋转的，每次驱动臂逆时针转动时，棘轮臂使凸轮滚筒旋转一个角度，清洗滚筒上、下移动一个位置，凸轮滚筒单方向旋转时，清洗滚筒上、下循环移动位置。

(7) 棘轮臂

它固定在驱动臂上，其左端的棘爪单向推动棘轮转动，使每次清洗磁头之前，清洗滚筒上、下移动少许位置，驱动臂顺时针返回时棘轮不动。

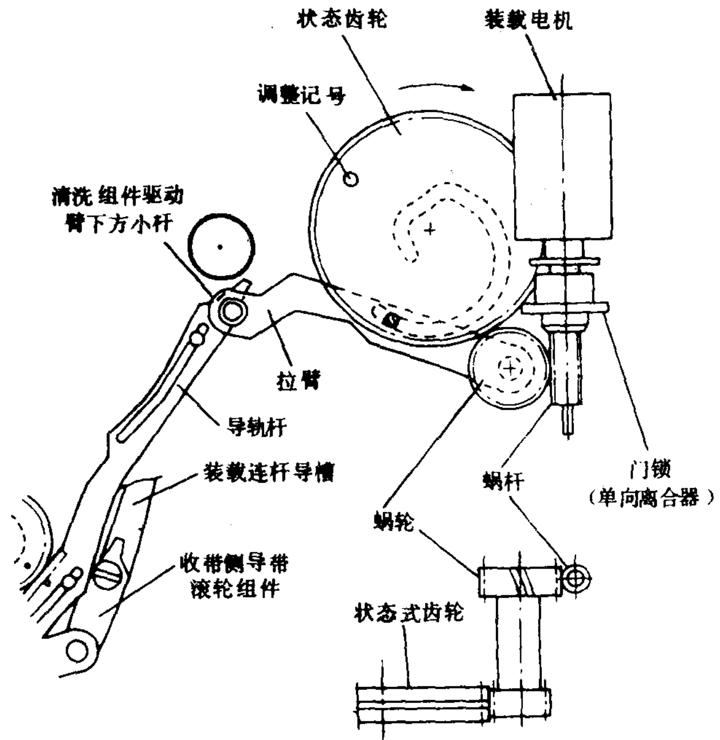


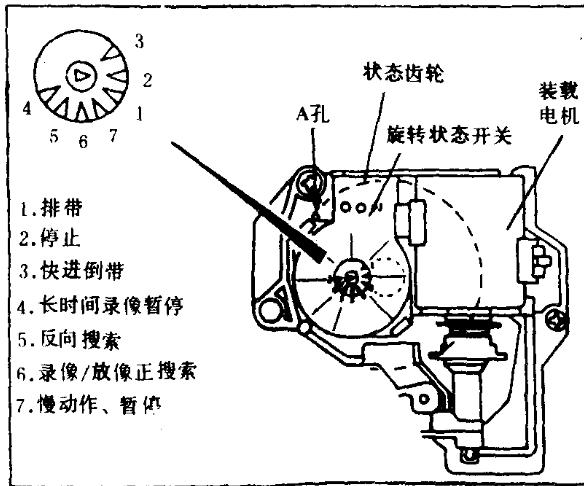
图 11—107 清洗组件的驱动机构

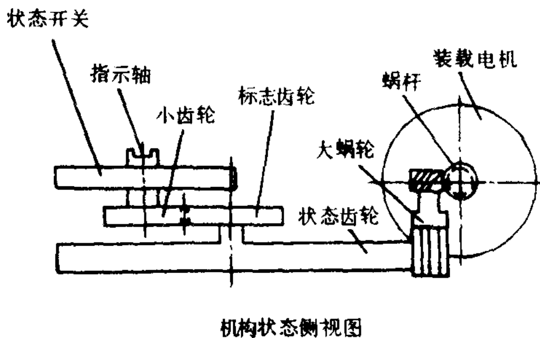
图 11—107 表示了清洗组件的驱动机构。如上所述，清洗组件能以图 11—106 所示转轴旋转，其驱动臂下部的垂直小杆位于图 11—107 所示位置。它处于加载机构拉臂和导轨杆连接头动作的轨迹上。每次加载和卸载，加载拉臂的左端点推动驱动臂向左移动，清洗滚筒组件逆时针方向旋转，并接触磁鼓，同时拉长弹簧 B。加载过程中仅一小段时间，清洗组件驱动臂被推开，加载结束以后，加载拉臂又让出来小杆原来的空间位置，清洗组件在弹簧 B 的作用下又回到原来的位置，清洗滚筒就脱离磁鼓。卸载时和加载时一样，也由加载拉臂推动清洗组件短暂靠上磁鼓后又脱离。

加载机构的驱动力是加载电机，因此清洗装置是以加载电机为驱动力，在加载和卸载的过程中瞬态作用的装置，加载和卸载时清洗滚筒都瞬间接触，清洗磁头一次。每次清洗前，滚筒都垂直改变少许位置，不至于滚筒的单一部位接触磁头。滚筒上下移动是循环进行的。

7. 旋转状态开关

机心状态反馈信息是控制系统正确控制机





机构状态侧视图

图 11—108 旋转状态开关示意图

心运行的依据。427E 机心状态检测使用旋转状态开关。它是一个圆型的机械逻辑开关，位于装载电机左边的状态齿轮上方，如图 11—108 旋转状态开关示意图。

状态齿轮的位置表征了机心状态。状态开关转轴下端有一个小齿轮，它和状态齿轮上面的标志齿轮啮合。小齿轮和标志齿轮的直径、齿数相等，二者旋转完全同步，因此状态开关转轴的位置反映了机心的状态位置。状态开关有 3 根输出线，表示机心的状态。逻辑开关最多有 8 (2^3)种编码状态，反映了机心的 8 种状态：排带、停止、快进/倒带、长时间暂停、反向搜索、记录/重放/正向搜索、暂停/慢放、装载/卸载过程。各种状态的开关位置如图 11—108 指示轴中心箭头所指数字所示。装载电机除了在装载和卸载时是旋转动作的，还在录像机的其它工作状态转换时旋转，通过蜗轮蜗杆将转矩传给状态齿轮，状态齿轮通过凸轮槽装置带动各传动装置进入相应的工作状态。状态开关随着转动及时将状态信息反馈给控制系统集成电路 IC901，由 IC901 实施自动控制各种指令。

表 11—30 是整机各种工作状态下各传动机构状态关系对照表。

表 11—30　　各种工作状态下各机构状态关系对照表

开关号码	状态开关的位置 \ 部件名称	主制动器		收带盘制动器	供带盘副制动器	张力带	压带轮	慢制动	F.L.变换齿轮	H.L.臂
1	排出	收制	供松	制	制	松	松	松	合 低 位	收
2	停止	制		制	制	松	松	松	离 高 位	预加
3	快进/倒绕	松		松	制	松	松	松	离 高 位	加
4	录像暂停长时间	松		制	制	紧	松	松	离 高 位	加
5	反向搜索	松		制	松	松	压	松	离 高 位	加
6	录像/放像	松		松	松	紧	压	松	离 高 位	加
7	慢动暂停	松		松	松	紧	压	制	离 高 位	加
0	加载/卸载	制	松	制	制	松	松	松	离 高:位置	动作

表中开关号码即状态开关上面的标记数，代表了开关的状态，也代表了机心的状态。表中将各种工作状态下机心的主要部件状态整理引出。状态开关是一个重要的机心部件，倘若状态开关位置不对或接触不好，就会引起控制系统的混乱。

11.6.5 427E 机心走带系统

图 11—109 是 427E 机心录/放状态磁带走带系统顶视图。磁带从左侧供带盘被拉出来，经过张力杆、导带杆、全消(FE)磁头、阻尼滚轮、左侧导带滚轮、倾斜杆、磁鼓、右侧倾斜杆、导带滚轮、音控(A/C)磁头、主导轴和压带轮，而后回到收带盘。磁带运行的动力是主导轴电机，以主导轴旋转牵引磁带前进。供带盘上的张力反馈系统给带盘以阻尼力矩，使磁带运行时保持一

定的张力。427E供侧反张力矩为33～40g·cm*，保证磁带围绕在磁鼓上并保持适当的压力，经过主导轴的磁带由收带盘回收。它的动力是主导轴电机带动F·R摆动齿轮传递的。由于前几节阐述了机心各子系统的驱动机构，对于磁带的运行动力传递和状态的转换，读者已经清楚，这节走带系统的工作原理就比较好懂了。

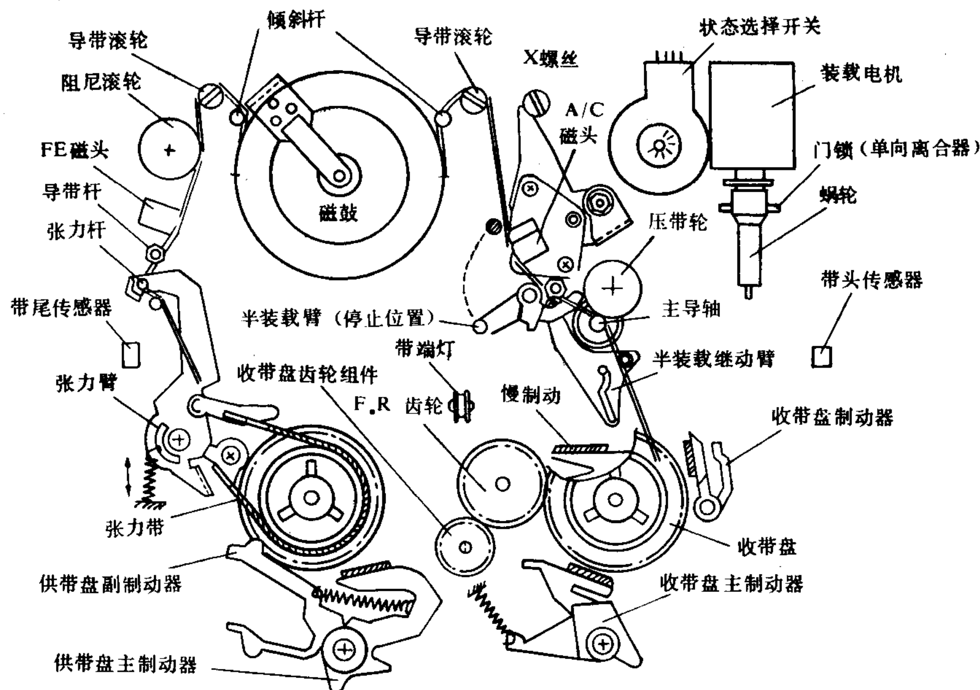


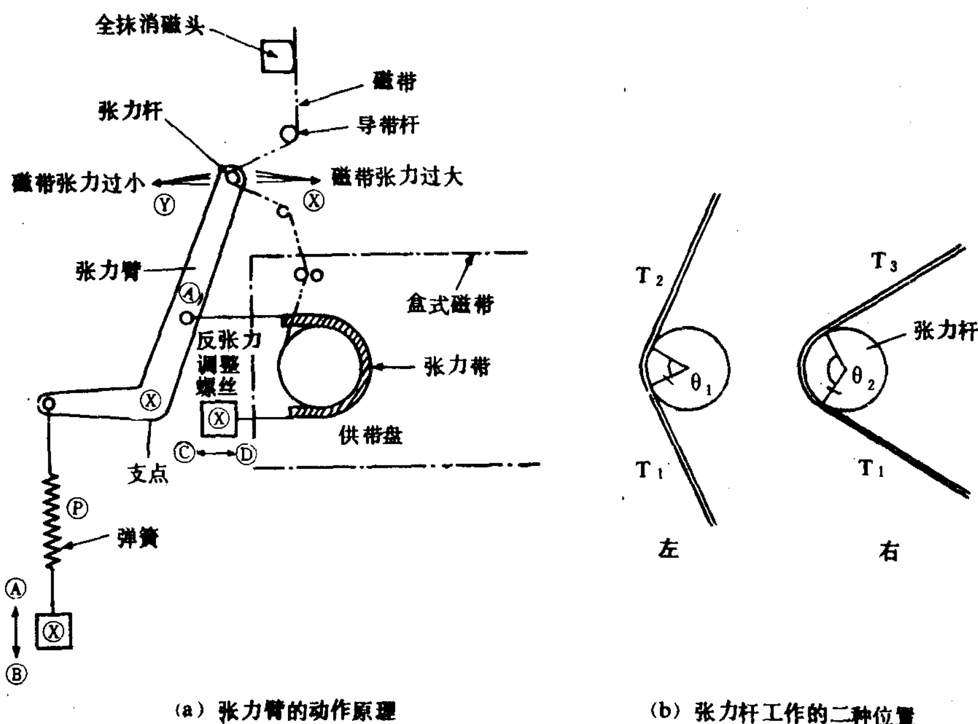
图 11—109 走带系统顶视图

1. 张力带和张力杆的张力伺服

VHS录像机走带系统设计，要求磁带运行过程中有一定的张力，而且保持不变。这在机心设计中通过给供带盘施加阻尼力矩来获得磁带的反张力。但是由于磁带供侧的满盘和空盘时力矩是变化的，而且不同磁带盒本身供带卷的阻尼力矩也是不同的，为此VHS录像机都在供带盘下装置了如图11—110(a)所示的张力带、张力杆伺服反馈系统。它是图11—109张力伺服部分的动作原理图。图中双点划线表示磁带走带通路，代表张力平衡位置。当磁带张力增加时，张力杆被磁带拉向x方向移动，张力臂右移，同时弹簧被拉长，A点的右移使张力带放松，加给供带盘的反力矩减小，使磁带的张力自动变小。反之如果磁带张力过小，张力臂被弹簧牵引作反时针旋转，将张力带收紧，使磁带的张力随之变大。

427E张力伺服系统有二个调整点：一是改变张力弹簧在张力臂上的拉钩位置，由此调整磁带的张力大小。挂钩上移，弹簧放松、反张力减小。二是旋松张力带固定板的调整螺丝，调节张力带固定端的位置，可以改变张力伺服的增益。图11-110(b)表示张力调整以后张力杆的两种运行工作位置。左图位置磁带在张力杆上卷绕角小，张力调节灵敏度低，但是稳定性好，磁带通过张力杆后张力变化不大。右图所示工作位置磁带在张力杆上卷绕角增大，伺服特性恰好和前者相反，张力调节灵敏度高，但是稳定性差，经常发生张力杆在平衡位置左右摆动，磁带通过

* ：$1\text{g}\cdot\text{cm}=9.80665\times10^{-3}\text{N}\cdot\text{m}$



(a) 张力臂的动作原理　　(b) 张力杆工作的二种位置

图 11—110　张力伺服原理

张力杆后张力变化大,主导电机牵引力损失大。

2. 导带杆

导带杆控制经过张力杆以后的磁带高度,导带杆调整以 FM 包络输出波形平直、幅度最大为目的。导带杆的高度不应使磁带卷边。只要 FM 包络幅度大、波形好,应尽量将导带杆高度上调,使磁带不受损伤。换句话说,导带杆调整不以绝对高度为标准,而以实际输出效果为依据。427E 的导带杆下端不加弹簧,这点和以前机心的导带杆不同。

3. 全消(FE)磁头

磁带在走带系统中先经过全消磁头,而后才进入磁鼓扫描机构。记录时,由全消磁头将磁带上先前记录的信号全部抹去。为了增加消抹效果,全消磁头采用双缝隙方式,磁头宽度比磁带宽度稍宽,达 14mm。它可将磁带上所有的信号都抹去。如果全消磁头消抹效果不好,记录重放彩色信号时彩色杂波干扰就严重。427E 全消磁头的安装方法从以前的螺丝固定方法改为插入固定。

4. 阻尼滚轮

磁带是弹性体,由主导轴牵引在运行过程中,必然要产生纵向弹性振动。阻尼滚轮是用来吸收磁带的纵向振动的,若这种振动不加消除,将会出现图像抖动。427E 阻尼滚轮是用聚缩醛树脂精密加工而成,所以滚轮应避免擦伤和油类沾污,滚轮轴也不要上润滑油。因为润滑油有粘性,会影响阻尼轮旋转的均匀性,引起走带不稳。

5. 导带滚轮和倾斜(导)杆

导带滚轮和倾斜(导)杆是做在同一个部件的整体,称导带滚轮组件,图 11—111 表示了它们的构造。可用六角板手转动顶罩调整其高度,下部有一个锁紧螺钉,供高度调整以后锁紧用。

导带滚轮组件在磁鼓入口和出口各有一组,其主要功能有二:其一是改变磁带运行方向和平面。在磁鼓入口处,使磁带从垂直运行状态变成沿磁鼓倾斜柱面的状态;其二是控制磁带切

入点的高度和切入位置，使磁带沿着下鼓的螺旋线平稳运行。导带滚轮的高度直接影响磁带记录的磁迹形位，影响重放拾取的 FM 包络信号的好坏。左侧导带滚轮组件位于磁带切入磁鼓侧，主要影响 FM 场包络的前部；右侧导带滚轮位于磁带切出磁鼓侧，影响 FM 场包络波形的后部。

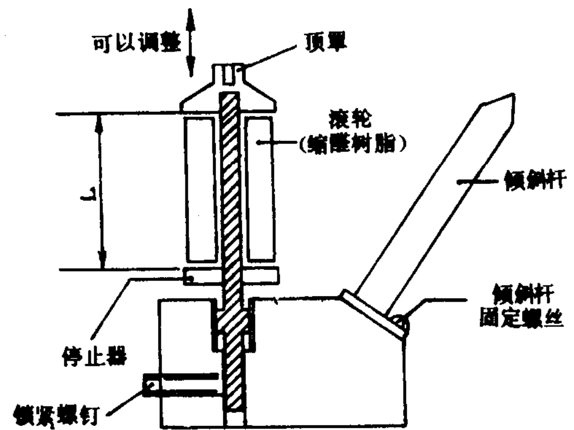


图 11—111　导带滚轮和倾斜杆的构造

走带状态导带滚轮的位置非常重要(即滚轮相对鼓的位置)，以前是由固定在磁鼓附近滚轮滑动导轨的限位块位置来决定的。427E 所用 Z 机心作了改进，把滚轮运动终止的限位块做在磁鼓底座上。427E 鼓安装底座采用精密铝压铸成形法，从而保证了磁鼓和导带滚轮的相对位置的精度，还减少了装配工时。

427E 导带滚轮的滚轮部分也是用白色的聚缩醛树脂做成的，表面光滑耐摩。注意，该部件也不要粘上油脂。

6. A/C 音频/控制磁头

427E 的音控磁头组件是由抹音磁头、音频磁头和控制磁头三个磁头组合而成。其中控制磁头和音频磁头组合做在同一个磁头基体上。427E 是单通道音频机器，其音频磁头记录的磁迹宽度为 1mm。音频磁头和控制磁头的缝隙在一条直线上。

音控磁头位置不对时，将造成音频频响不好，声音发闷，高频特性差造成的音量小，严重的会造成主导伺服失控。

抹音磁头用来消抹音频磁迹上的信号，是专为后配音而设计的，但 427E 没有后配音功能。

7. 压带轮

427E 所用的压带轮构造如图 11—112(a)所示，在其中央部分装有滚珠轴承。这种结构利用了滚珠轴承的间隙，在压带轮和主导轴接触时可自动调整上下压力。如图(b)所示，$p_1=p_2$，使磁带受力均匀，配套时不需要调整压带轮和主导轴的平行度，压带轮在加载快要结束时动作，其传动机构已在前节讲述，不再赘述。

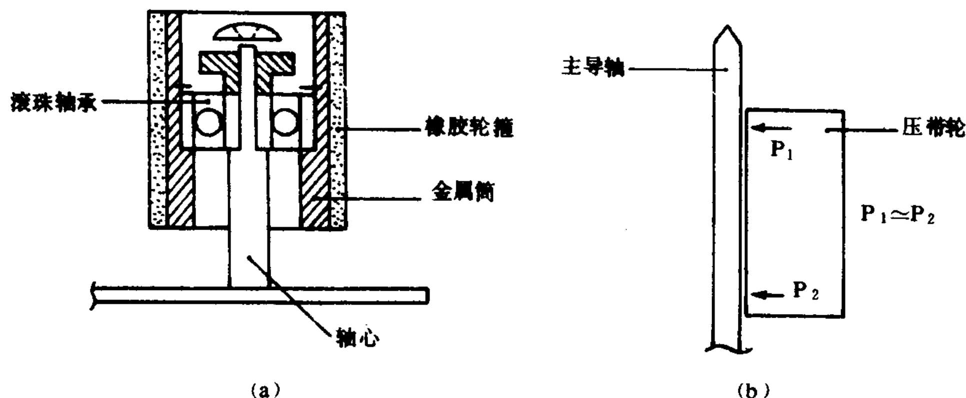


图 11—112　压带轮构造和压力自动调整

11.7 VT—427E 的电源电路

427E 使用变压器降压式直流稳压器，将输入交流电源变成机器工作所需的多种直流电源：未稳压 16V、稳压 A12V、A5V、A5.6V、12V、5V、±18V、－30V 和交流 AC5V 共 9 种电源。稳压原理大多数属于普通的串联式调整稳压电路，不难理解。但是由于录像机各部分使用电源种类比较多，各部分电路和机械动作与电源部件密切相关，搞清各路电源的来龙去脉，对于分析故障和修理机器具有重要的意义。

427E 电源部件用电压选择开关 S850 选择不同的交流电源，可适应 105V、120V、210V、240V 四种标准电压电源，见图 11—113 电源方框图。T850 电源变压器将输入电源降压分成四组初级绕组 W1、W2、W3、W4，分别产生 AC18V、10V、33V 及 5V。

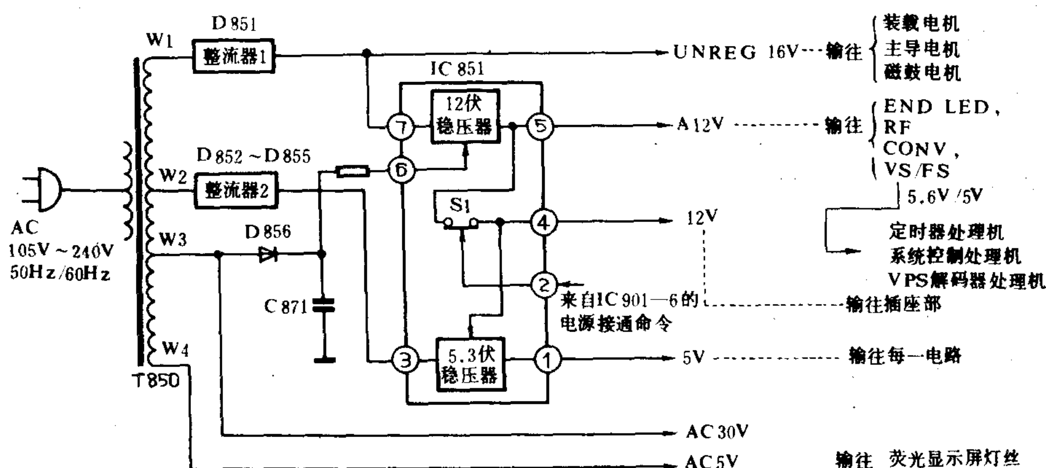


图 11—113 电源电路方框图

W1 绕组 18V 经二极管桥堆 D851 整流产生未稳压 16V 直流（实际上是 22V，随负载而变化）。这是 427E 的主电源，供电机驱动、机心运行、控制系统供电及其它 12V 电源的供给，在稳压器内分成两路：

一路未稳压 16V 电源经插头座 PG851②脚输送到主印制板，先经安装在机心上的稳压小部件板 Q670、Q671 稳压，将 22V 稳成 19V。此电源又分成二路，一路通过插头座 PG605⑩脚直接供给主导电机作驱动电源。另一路经 Q606、Q610 二次稳压变成 14V，供给磁鼓电压和装载电机的驱动电源。因此 427E 机心的所有动作都是该电源驱动而动作的。

另一路未稳压 16V 还输入稳压集成电路 IC851⑦脚，由集成电路内部串联式稳压电路稳成 A12V，由第⑤脚输出，通过插头座 PG852③脚供主印制板。它是机心和控制系统的电源。A12V 是插上电源以后就有输出的常备电源，有以下 4 路输出：

① 供机心带盒仓发光二极管 D141 电源，使双向发光二极管工作。

② 供射频转发盒天线放大器部分电源，使一插上电源，并在没有开启 427E 电源的情况下从天线接收的信号能经天线放大器直接从 RF 输出口供给电视机接收。

③ A12V 电源经 V、S 调谐板供给 IC801 和 Q803 电源，使 IC801 产生 A5.6V 电源。Q803 产生 A5V 电源。其中 A5V 是控制系统微机 IC901、旋转状态开关、霍尔检测器 IC141 及其它控制电路 A5.6V 经二极管 D721、D722 隔离成 A5V 和 B5V，供定时调谐微机 IC701、IC702、IC703、红外遥控接收器电源，使控制系统的微机在电源未开的情况下一直监视着机器的状态。

④ A 12V 电源在集成电路 IC 851内经12V 开关 S 1控制，从第④脚输出12V 电源，S 1受控于控制系统 IC 901的指令，从 IC 851②脚输入，当②脚输入高电平(0.6V)时，IC 851有12V 输出。12V 供给下列各系统12V 电源：调谐器、IC 801、中频解调器、Q 402偏磁振荡器、IC 402、IC 401音频 IC、IC 203、IC 204视频 IC，以及12V 在 IC 204内稳压产生记录9V，作记录放大器电源。

桥堆 D851 各二极管上并联电容 C851～C854 是交流平衡电桥，有助于消除高频干扰。C855、C856 为整流平滑滤波电容，C855 容量较大(4700μF)，C856 作用为消除 C855 大电解电容自感影响，改善高频滤波特性。

W2 绕组，10V 交流电源经 D852～D855 4 只二极管组成的桥式整流器整流，输入 IC851③脚，经 IC851 稳压以后从第①脚输出 5V，该电源是 427E 各集成电路的主要电源。应该指出 427E 的 5V 和 12V 电源受控于控制系统 IC901，只有当电源开启时才有此二路电源输出。

W3 绕组，交流 33V 是调谐器直流调谐电压＋30V 和萤光显示屏、IC701、IC702 的－28V 电源。这部分的整流和稳压电路都在主电路印制板上。30V 交流电源经 PG851⑦脚输入 PG903⑦脚，分二路进行正向和负向半波整流，经 D916 正向整流产生＋30V(实际上大于 30V)由 IC801 进行第一次稳压供给 ZD801(μPC574)二次稳压。μPC574 是温度补偿型高精度稳压集成电路，经它稳压以后产生的 30V 电压非常稳定，温度系数很小，作为调谐 PWM 脉冲宽度调制波的调谐电压。由此产生的 VT 调谐电压非常正确，供高频调谐器频道调谐用。经 D917 反向整流产生的－30V 直流电压由 Q902、ZD902 稳压成－30V 供给 IC701 作为负电压，供给 IC702 作为电可抹写入器的写入电压，供荧光显示屏的灯丝极，使其带负电压，提高了段极、位极与阴极之间的电压差，满足显示屏供电要求。

W4 绕组，AC5V 交流电源直接输出至荧光显示屏灯丝极，作为热电子发射的电源。

应该指出，上述几个电源在逻辑关系上是联锁的，5V 电源开启在集成电路 IC 851内需依靠12V，有12V 才能有5V 输出。12V 电源由 A 12V 晶体管开关导通而来。A 12V 电源受 IC 851第⑥脚控制。如果交流30V 有故障无电压输出，那么经过 D 856、D 863二极管整流以后的电压在 IC 851⑥脚达不到13.2 V，就使 IC 851A 12V 截止。

如果 W1 绕组有故障没有电压输出，当然更谈不上 A12V 输出。

表 11—31 表示了 427E 电源和各负载的关系。

稳压集成电路 IC851 STK5372 是铝基板材厚膜电路，有二个电压输入端子和两个控制输入端，三个电压输出端。其中二个输出电压可以由控制端控制输出的开关，其内部电原理图如图 11—114。

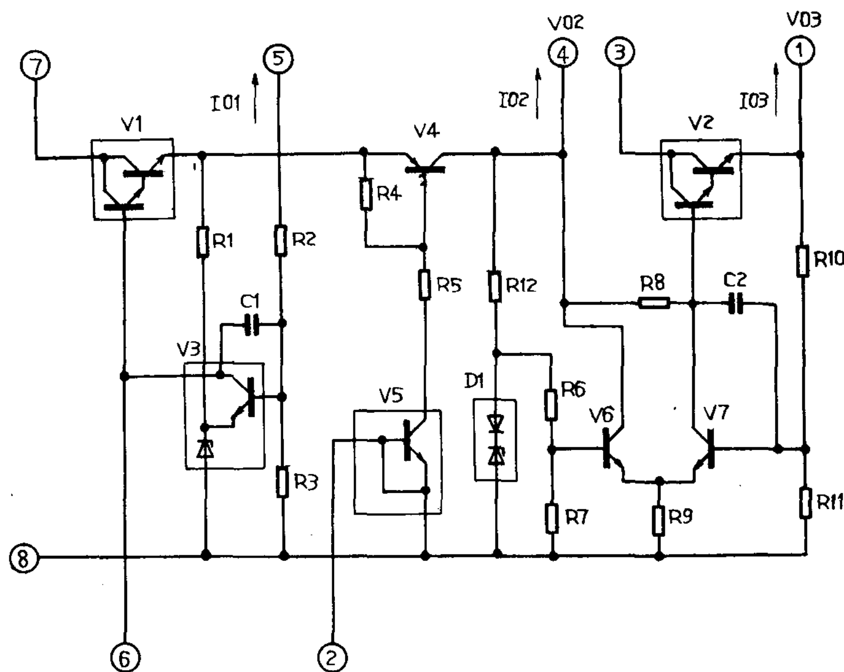


图 11—114 STK5372 内部电路

表 11—31　427E电源和各负载关系

绕组	整　流	负　载	备　注
18V	D851 未稳压 22V	1. PG851-②脚→PG903-②脚→CN670-②脚 Q670、Q671 稳压产生 19V→PG605 供主导电机电源	稳压电路在机心小板上
		2. 19V→Q606、Q610 稳压产生 14V→ (1)IC603-①脚磁鼓电机电源 (2)IC902-⑦脚加载电机电源	14V 为二次串联稳压 Q606、Q610 在主板上
		3. IC851-⑦脚,⑤脚产生 A12V P852-③脚→PG1503-③脚 (1)RF 变换器 A12V (2)PG904-㉗脚 D141 红外发光二极管 (3)PG1501-④脚 —Q803 稳压 A5V PG905-①脚旋转模式开关 S143 PG904-㉒脚霍尔检测 IC141 IC901-㉜脚 IC903-⑧脚 IC905-②脚 —IC801-⑫、⑬脚、稳压 A5.6V IC701-①脚 IC703-②脚 IR701-②脚	(1)A12V 为插电源就有系统控制电源 (2)A5V,A5.6 都是 A12V 派生的电源 (3)受 30V 联锁
		4. IC851-④脚输出 12V P851-①脚→PG1503-①脚 (1)RF 转发器 12V (2)PG1501-⑥脚　调谐器 中频解调器 IC801-⑱脚 (3)集成电路IC401-①脚 IC402-⑥脚 Q402 偏磁振荡器 IC203-⑨脚 IC204-⑨脚产生记录 9V →PG201-⑩记录放大器	12V 是 A12 派生电源 受微机 IC901 控制
8.7V	D852～D855	IC851-③、①脚稳压产生 5V PG852-②脚→PG1503-②脚 (1)IC802-⑧ (2)IC351-⑰ (3)IC301-⑤ (4)IC201-⑥ (5)IC202-⑬ (6)IC204-⑥ (7)IC601-⑱ (8)IC602-㉖ (9)IC603-⑦ (10)IC1601-㉙	5V 受微机 IC901 控制

续表

绕组	整流	负载	备注
30$\tilde{V}$	D916 D917	＋30V IC801-⑭,⑮脚稳压产生 30V 再经 ZD801 稳压成精确 30V,供调谐器 －30V Q902 稳压 (1)IC701-㊳ (2)IC702-② (3)显示屏灯丝	电源整流和稳压分别在主板和 V、S 板上
5$\tilde{V}$		显示屏灯丝电压	交流直流供电

表 11—32 是 STK5372 各引出脚功能和参数表。

表 11—32　　　STK5372 各引出脚功能和参数表

编号	在线电阻(kΩ)		主要功能	输出入	电压值(直流)(V)	器件允许值	备注
	正笔	负笔					
1	7Ω (R×1)	(R×1) 50Ω	受控稳压 5V 输出	出	5.3±0.1	最大负载电流 1.0A	输出纹波 $5mV_{P-P}$
2	11	(R×1) 14Ω	控制输入端	入	0.6		要求输入端串联电阻
3	9.5	300	稳压 5V 输出电源	入	10	小于 20V 大于 6.5V	
4	(R×1) 8.5Ω	0.4	受控稳压 12V 输出	出	12±0.2	最大负载电流 0.8A	纹波 $5mV_{P-P}$
5	(R×1) 11Ω	2.5	A12V 稳压输出	出	12.1±0.1	最大负载电流 0.8	纹波 $5mV_{P-P}$
6	(R×1) 16Ω	25	30V 电源联锁控制	入	13		要求输入端串联电阻
7	10	500	稳压 12V 电源	入	22	小于30V,大于13.3V	
8	0	0	接地	0			

11.8 VT—747E 录像机中采用的若干新技术

VT-747E 机是继 VT-426E、VT-427E 基础上推出的,在电路设计、机心设计方面都采用了一些新的技术。例如四磁头磁鼓的应用使 747E 具有长时间记录、重放功能(LP);自动磁迹跟踪技术,使 VT-747E 跟踪自动、精确;NTSC 制转换 PAL 制集成电路的应用,使 747E 兼容了重放 NTSC 制式磁带的功能,扩大了制式应用范围。它可以用 PAL 制电视机观看 NTSC 制式节目;开发功能优于 427E 的单片微机软件,使 747E 具有磁带剩余显示、状态快速转换、OSD 屏幕显示功能;使用开关电源,使 747E 具有电网适应能力强、整机重量轻、功耗小等特点。

11.8.1 四磁头磁鼓的应用

1. 四磁头磁鼓的结构

VT-427 型录像机都是采用三磁头,它的磁鼓上安装了三个视频磁头。将方位角互为相反的 CH1(正方位角)和 CH3(负方位角)两个磁头以爪形结构形式组合在一起,俗称双缝隙磁头。

二磁头缝隙之间的几何位置错开 620μm，相当于 2H 的信号时延。磁鼓上安装上述的一个双缝隙磁头配以一个 CH2（负方位角）普通磁头。CH1 和 CH2 在磁鼓上安装位置间隔 180°（见图 11—115(a)）。

VT-747 采用四磁头。四磁头磁鼓上安装的是两个双缝隙磁头（简称 DA-4）。它将 SP CH1（标准速度磁头，正方位角）和 LP CH2（负方位角）复合成双缝隙磁头，另一个是 SP CH2（负方位角）和 LP CH1（正方位角）的复合。每个组合磁头中两个磁头缝隙间隔仍是 620μm，SP CH1 和 SP CH2 的安装位置为 180°相间，SP 的一对磁头缝隙宽度要大于 LP 的宽度。日立 DA-4 磁鼓采用 SP 缝隙宽度为 48μm，LP 为 30μm。VT-427 三个磁头的缝隙宽度均为 65μm，大于四磁头的缝隙。从图 11—115 可以对三磁头和四磁头进行比较。

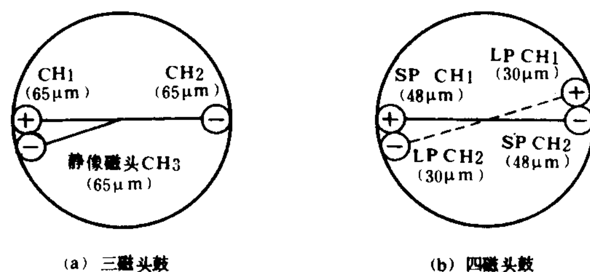


图 11—115 三磁头和四磁头的比较

PAL 制 VHS 录像机的标准走带速度为 23.39mm/s，其视频磁迹宽度为 49μm；在 LP 时走带速度为标准带速的 1/2，磁迹宽度也为 1/2 即等于 24.5μm。

2. DA-4 记录、重放状态时磁头的工作过程

(1) 记录状态

① SP 记录：DA-4 磁鼓在 SP 标准速度记录时使用一对正、负方位角的 SP 磁头记录，因为磁头缝隙宽度是 48μm，所以记录磁迹宽度近似等于 VHS 标准磁迹宽度 49μm，正、负方位角记录的磁迹互不重叠。

② LP 记录：DA-4 磁鼓在 LP 记录时使用正、负方位角不同的 LP 磁头记录。因为磁头缝隙宽度是 30μm，所以实际情况是不停地录上 30μm的磁迹，但紧接着由相反方位角的另一 LP 磁头又覆盖上 30μm 的磁迹，而这两磁迹有 5.5μm 的宽度是重叠的，故这部分重叠的磁迹被抹去了，剩下 24.5μm（30—5.5）的磁迹宽度（见图 11—116）。当然这样的处理不可能将原来录上的方位角相反的信号完全抹去，尤其在频率的低端更是如此。重放时处理不当会形成邻近磁迹的串扰。但是由于覆盖部分占的比例很小，而且重放时邻近磁迹信号（包括方位相反的磁迹残留）的拾取存在 12°的方位角偏差，所以邻近磁迹串扰很小，可限制在允许的范围内。

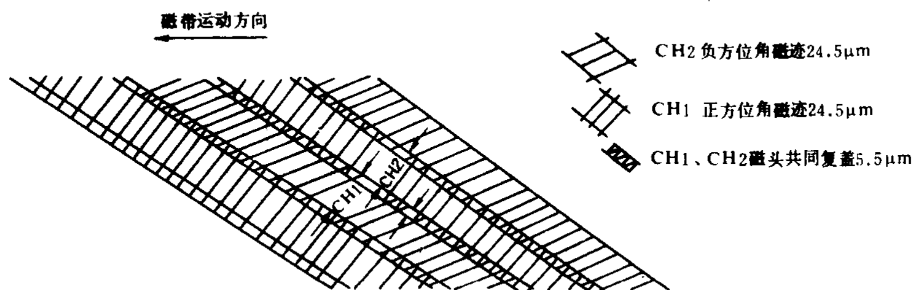


图 11—116 LP 磁头记录磁迹形成过程

(2) 重放状态

① SP 重放：DA-4 磁鼓在 SP 重放时使用一对方位角相反的 SP 磁头。

② LP 重放：在 LP 重放时使用一对 LP 磁头。因为 SP 重放的磁迹宽度（49μm）比 LP 大一

NO	方式	SP速度	LP速度
1	记录	SP CH1 ⊕ SP CH2 ⊖	LP CH2 ⊖ LP CH1 ⊕
2	重放	SP CH1 ⊕ SP CH2 ⊖	LP CH2 ⊖ LP CH1 ⊕
3	搜索	SP CH1 ⊕ LP CH2 ⊖ LP CH1 ⊕ SP CH2 ⊖	LP CH2 ⊖ LP CH1 ⊕
4	慢放	SP CH1 ⊕ LP CH2 ⊖ SP CH2 ⊖	SP CH1 ⊕ LP CH2 ⊖ LP CH1 ⊕
5	静像	LP CH2 ⊖ SP CH2 ⊖	LP CH2 ⊕ LP CH1 ⊕

图 11—117　DA-4 视频磁头在各种工作状态下的使用情况

倍，所以 SP 方式的信噪比要高于 LP3dB。由于 LP 的磁迹宽度很窄，在跟踪不十分精确，记录磁迹也存在一定偏差时（在实际情况下是难免的），因 LP 的磁头缝隙宽度 30μm 大于磁迹宽度，使跟踪误差、磁迹线性出现偏差时信噪比不致下降很多。图 11—117 是 DA-4 视频磁头在各种工作状态下的使用情况。

3. DA-4 系统音控磁头安装位置的修正

PAL 制 VHS 录像机的互换性要求从视频磁头切出点到音控磁头位置的磁带长度（定义为 x 值，见图 11—118 为 79.244 mm。磁头开关脉冲高电平对应负方位角的 CH2 磁头，它记录的 CH2 磁迹上的色度矢量逐行旋转－90°，而另一磁迹上记录的色度信号相位保持不变，重放时不同方位角磁头在各自对应的磁迹上拾取信号，色度矢量作还原处理，它们由磁头开关脉冲控制，正脉冲对应的场作旋转处理，反之保持不变。在 DA-4 系统中，由于双缝隙的两个磁头 SP、LP 具有相反的方位角，而磁头开关脉冲的相位（高电平、低电平）和磁头的位置是一一对应的，所以磁头开关脉冲高电平所对应的磁头方位角就不可能同时兼顾 SP 和 LP。对应负极性方位角，其中必然有一磁头的方位角和开关脉冲的极性不符。为使 SP、LP 磁迹都符合 VHS 磁迹标准，DA-4 系统将 A/C 磁头的位置相对视频切出点的距离（x 值）增加 0.185mm，相当于在 SP 方式控制磁迹（CTL）脉冲比原来延时了 7.9ms，LP 方式延时了 15.8ms。因为 LP 磁头方位角安装位置相对磁头开关脉冲极性是相反的，所以要求 LP 方式的 CTL 位置相对视频头提前一场，相当 20ms。因此记录状态 LP 的 CTL 修正时间量是提前 20－15.8＝4.2ms。DA-4 系统在伺服系统采用电校正的办法来修正 CTL 值，在记录状态，记录 CTL 信号的相位通过 CTL 延迟计数器被延迟，而重放时通过延时参考信号来达到

上述目的。

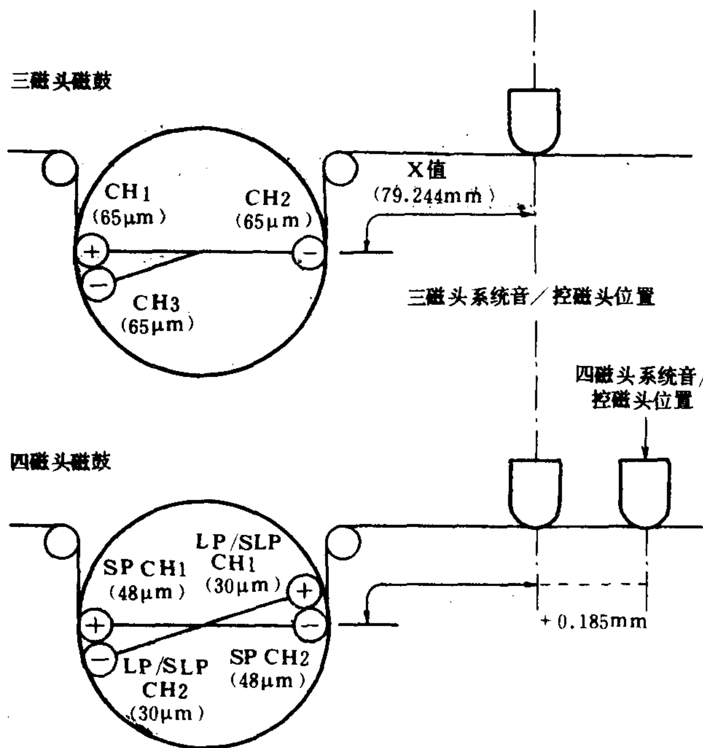


图 11—118 DA-4 系统中 A/C 磁头安装位置的修正示意图

图 11—119 所示 VT-747 主导轴伺服系统相位控制电路表示了 VT-747 对 CTL 的修正办法。在记录状态，由 IC601㊿脚输入的复合同步信号经场同步分离进入标准 25Hz 发生器到延时计数器，延时计数器是 IC601 内部的一个功能块，它是一块可编程数字式伺服电路，所产生的延时量由编程决定，经延时计数器延时的 25Hz 信号经过 CTL 索引发生器、录像 CTL 放大器，由 IC601㉙、㉚脚输出到控制磁头记录在 CTL 磁迹上。在放像状态，经过延时计数器的 25Hz 信号，经数字跟踪单稳态触发器(MM)作为相位检出器的参考信号，因参考信号作了延时，就相当把 CTL 比较信号提前了相应的延时量。

4. SP、LP 的状态控制

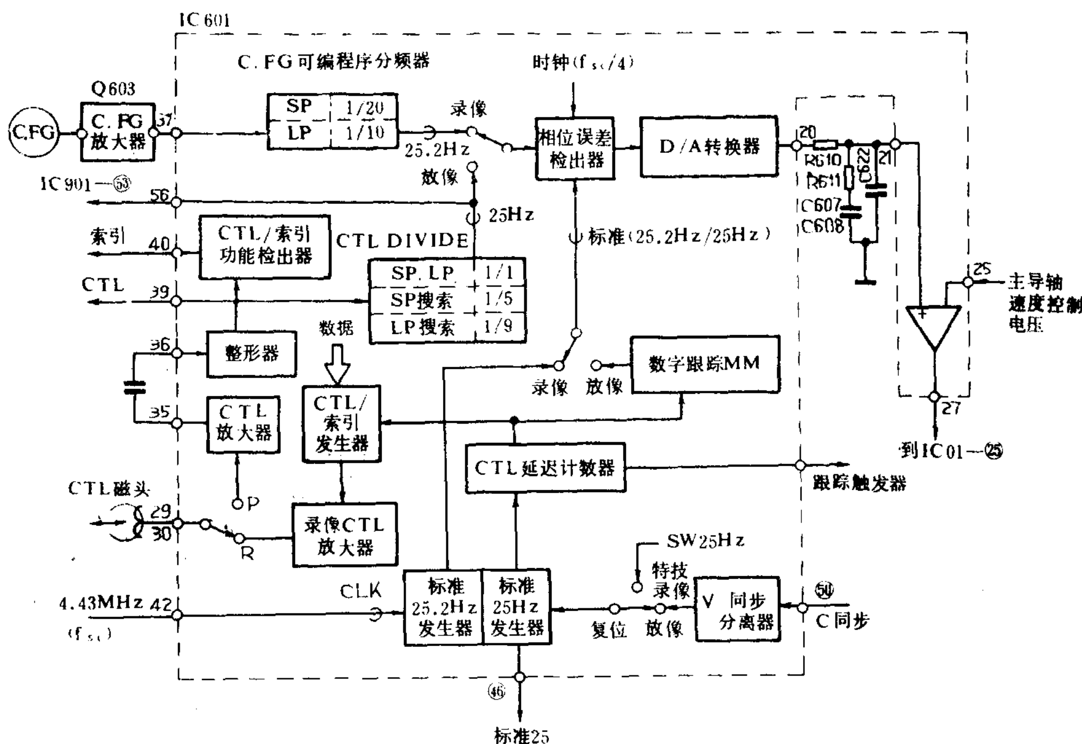


图 11—119 VT-747E 主导轴伺服系统相位控制电路

(1) 记录状态

当 VT-747 工作在非记录、重放、搜索的其它状态，每当按下遥控器 LP/SP 键，状态就转换一次，控制信号通过遥控接收器输入 VT-747 系统控制微处理机，由微机以串行码形式控制伺

服电路 IC601，IC601 根据内部固化的 ROM 程序，改变 C・FG 可编程分频器的分频比，使记录进入相应的状态(CFG 为主导电机频率发生器产生的信号，它表征主导电机的旋转状态)。

(2) 重放状态

VT-747 能自动检测、判断重放磁带是 SP 记录磁迹还是 LP 磁迹，并自动将机器设置到相应的 SP、LP 重放状态。家用录像机无论是 SP 还是 LP 走带方式，其控制磁头拾取的 CTL 信号频率都应为 25Hz，如果 SP 磁带(指记录时以 SP 速度走带的)以 SP 方式重放，拾取的 CTL 信号频率是正确的(25Hz)，但是 LP 磁带以 SP 方式重放时，因为走带速度比记录时快一倍，控制磁头拾取的 CTL 信号频率也增加一倍，SP/LP 重放自动检测就是利用这个特性来实现的。VT-747 采用系统控制微机用机内标准时钟检测 CTL 信号周期的方法来判别重放磁带磁迹的这一特征，输出相应的指令来控制伺服电路 IC601。当然控制系统微机输出的指令还控制视频、音频、显示电路的切换，使其进入相应的状态。

5. 四磁头系统在各种状态下与三磁头系统的比较

(1) 三磁头系统不适用 LP 方式

三磁头磁鼓在 SP 记录时，也是使用一对正、负方位角的 CH1、CH2 磁头记录，因为它的磁头缝隙宽度是 65μm，所以如同前面所述有一小部分被覆盖，边记录边抹去，不过剩下的是 49μm，覆盖部分仅 16μm，情况还是可容忍的。但是要它担任 LP 记录，情况就不同了，它每次记录 65μm 宽磁迹，下一场记录时被覆盖上 40.5(65—24.5)μm，只能保留24.5μm。被覆盖的40.5μm 中有 24.5μm 要被相反方位角的磁迹所覆盖，更有甚者剩下的 16μm 磁迹还要被具有相同方位角的下一场信号记录时第二次覆盖。显而易见，这样的磁头系统用于 LP 记录，其隔场信号的串扰是相当大的。

三磁头磁鼓在重放 LP 磁带时，因为磁头缝隙宽度大于两倍的 LP 磁迹宽度，所以视频磁头在磁带上扫描时必然要覆盖两条以上的磁迹，即扫描区域不仅要覆盖方位角相反的邻近磁迹，而且还要覆盖方位角相同的隔场磁迹，因此邻近磁迹串扰很大，尤其是画面运动较快的图像，串扰信号已经到了不能容忍的程度。

(2) 四磁头系统在 SP 搜索时可以得到无噪声带的搜索画面

录像机在搜索状态下磁带速度是标准速度的若干倍，视频磁头必然要跨越若干条磁迹(正向 5 倍速是 2 条，反向 5 倍速是 3 条)。

三磁头在搜索时仅用一对正、负方位角的 SP 磁头。从图 11—120 可知，在 5 倍速正搜索状态，磁头扫描一场时横跨了 5 条磁迹，其中 3 条是同方位角，2 条异方位角。在跨越异方位角磁迹时，因方位角损耗，在解调的图像上产生两条噪声带，且因为磁头缝隙宽度 65μm 大于磁迹宽度 49μm，所以噪声带较窄，搜索图像还是可以接受的(同理在反向搜索时，将产生 3 条噪声带)。

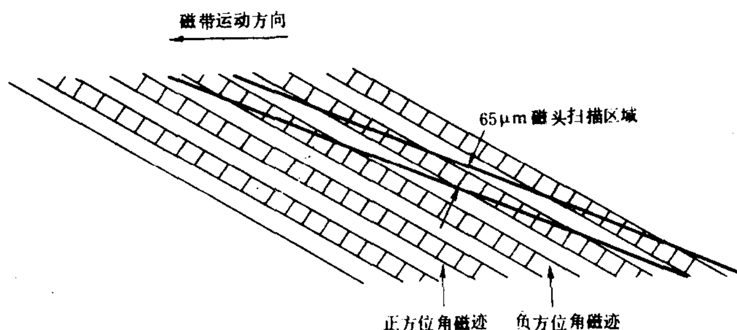


图 11—120　5 倍速正搜索磁头跨两条方位角相反的磁迹，产生两条噪声带

四磁头在 SP 搜索时能产生无噪声带的图像。它在 SP 搜索时同时使用 SP 和 LP 磁头，每一场扫描时都有方位角相反的 SP 和 LP 两个磁头在磁带上扫描拾取信号，将两个磁头拾取的

信号同时送到前置放大器中放大，并分别进行包络检波，通过比较包络的大小去控制正、负方位角磁头的切换，选取输出大的磁头输出，也就是说，当正方位角的磁头扫描它对应的磁迹时由正方位角磁头拾取的信号作为输出；当它跨越负方位角磁迹时，输出变小，而负方位角磁头也同时在扫描该磁迹，它的输出比前者大，前置放大器就选取负方位角磁头的 FM 信号作输出。由此可见四磁头机在搜索时，拾取的信号是始终没有方位角损失的包络信号，搜索图像也没有噪声带，这是它较三磁头机的优越之处。图 11—121 是 VT-747E 前置放大器电路方框图。

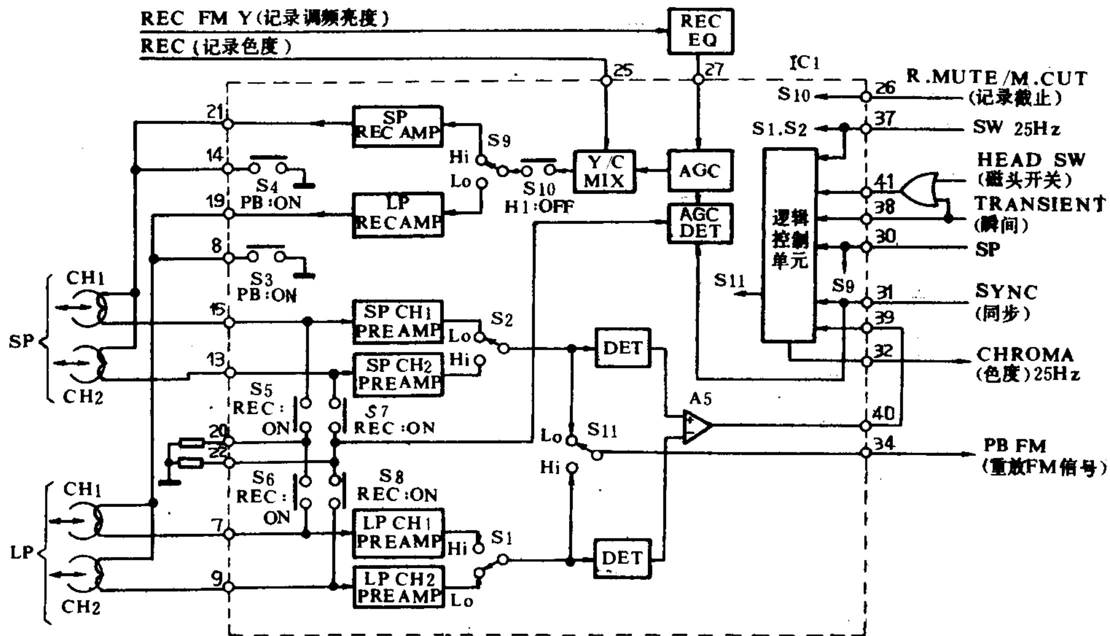


图 11—121 前置放大器电路方框图

由图 11—115(b)知，SP CH1⊕和 LP CH2⊖是复合在一起的双缝隙磁头，而 SP CH2⊖和 LP CH1⊕是另一只双缝隙磁头。在搜索状态，双缝隙磁头(互为相反方位角)是同时在磁迹上扫描的。

图 11—121 所示，S3～S8 六只开关是记录/重放状态转换开关。重放时 S3、S4 接通，S5～S8 开路。两对双缝隙磁头其中之一扫描磁迹并拾取信号，两只磁头拾取的包络信号都进入 IC1 内部各自的前置放大器放大。S1、S2 开关是 180°磁头切换开关，受 IC1㊲脚输入的 25Hz 开关切换脉冲控制(来自伺服电路)，把间断的二场包络信号切换变成连续的包络信号。当 25Hz 开关脉冲极性为高时，LP CH1 和 SP CH2 这两只磁头在扫描，信号进入 LP CH1 预放和 SP CH2 预放，放大以后的包络分别经包络检波器检波，其输出的直流信号代表了各自包络信号的大小，送到 A5 运放器进行比较。当 SP 磁头包络大时，A5 输出高电平(反之输出低电平)。从 IC1㊵脚输出又以 IC1㊴脚回到 IC1 内的逻辑控制单元，后者输出的信号控制 S11 开关的工作。当 IC1㊴脚为高电平时，S11 选择 SP CH2 磁头，当 SP CH2 穿越正方位角磁迹时，LP CH1 预放包络大于 SP CH2 的包络信号，S11 选取 LP CH1 拾取的信号。经 S11 开关以后的包络信号由 IC1㉞脚输出重放 FM 信号，送往视频信号电路处理。

四磁头机在 LP 搜索时，一般采用 9 倍速走带，使用一对 LP 磁头工作。这和三磁头搜索类同，不过由于磁迹宽度较 SP 窄，所以图像效果差些。

由以上分析可知，四磁头技术的 SP 搜索图像是没有噪声带的，优于三磁头的录像机。

(3) 静止图像比较

由图 11—117 可知，四磁头机在 SP 静像时采用 SP CH2 和 LP CH2 场静像方式，即用具有相同方位角的磁头扫描同一场磁迹。三磁头机静像时，使用 CH2 和 CH3 两个磁头进行场静像，二者工作原理是相同的。静像状态时，磁头扫描要横跨一条磁迹，VT—427E 因为磁头缝隙较宽，所以跨越磁迹时信号损失不大，因此一般三磁头机的静止图像不比四磁头机差。四磁头的 LP 静像采用 SP CH1 和 LP CH2 磁头进行场静像，由于磁迹较窄，所以效果要差一些。

(4) 慢放状态比较

四磁头机在慢放工作状态时磁带采用间歇前进方式，它是静像和重放方式的结合。SP 方式时采用一对 SP 磁头和一只 LP CH2 磁头；LP 方式时采用一对 LP 磁头和一只 SP CH1 磁头，这和三磁头机方式相同。

6. VT-427E 增加 LP 功能应采取的技术措施

根据以上分析 DA-4 磁头系统的特点和 SP/LP 工作原理，三磁头机不换磁鼓增加 LP 功能严格地讲是不行的。若将 VT-427E 的三磁头磁鼓换成四磁头磁鼓，增加 LP 功能，也还需要从控制系统、伺服系统、视频系统和音频系统做下列几方面的工作。

① 机心：将三磁头磁鼓换成四磁头磁鼓，前置放大器也换成相应的四路信号放大并具有包络检测功能的前置放大器；音控磁头向后移 0.185mm 位置，使记录磁迹标准和三磁头记录的相兼容。

② 控制系统：VT-427E 的定时和控制系统在设计开发阶段就具备四磁头 LP 记录重放的控制功能，其主要微机片 IC701、IC901 具有 SP/LP 的速度检测判断、操作键盘输入、解码和控制输出口，显示屏具有 LP 显示符号。因此在更改时仅需在操作面板上加 SP/LP 轻触键将 IC901 的 LP、SP 输出控制口接到相应的伺服、视频和音频电路上即可。

③ 伺服电路主导轴相位伺服环路在记录和重放状态增加相应的延时电路。

④ 视频和音频电路在 SP/LP 两种工作方式时，其信号的预加重是不同的，VT-427E 的视频 IC201、IC301 具备 LP 方式的功能，音频 IC402 也具备 LP 功能，但是其控制输入端 SP/LP 的转换口没有接上。

11.8.2 自动磁迹跟踪技术

录像机的自动磁迹跟踪是一种自动反馈控制过程，它应用了微机控制和数字伺服技术，使跟踪效果达到设计上的优化选择，向用户提供了简便的跟踪方式和高质量的重放画面。

1. 跟踪控制概念及有关伺服原理

录像机依靠鼓伺服电路控制视频磁头旋转，主导伺服电路控制磁带运行，按磁迹图规格记录和重放视频信号。重放时，利用跟踪调节，在伺服电路的作用下，视频磁头准确扫描磁迹，称之为跟踪控制。自动跟踪实际上是主导伺服电路中的一种跟踪调节技术，它立足在伺服电路锁定的基础上。

VHS 录像机在记录视频信号时，其磁头鼓旋转相位锁定在输入视频信号的场同步脉冲上，该同步脉冲还触发伺服电路中的 25Hz 参考信号发生器，产生记录 CTL 信号(控制信号)，由 CTL 磁头记录在磁带的下边沿。这样，记录在磁带上的 CTL 信号就携带了视频场同步脉冲的相位信息，和磁带上的视频磁迹有对应的位置关系。重放时，鼓旋转相位以伺服电路中的 25Hz 参考信号为基准，与代表视频磁头位置的鼓相位脉冲进行比较，控制视频磁头的旋转相位，主导伺服相位基准也取 25Hz 参考信号，通过比较和视频磁迹一一对应的 CTL 脉冲与基准信号的相位，控制磁带的行走位置，使视频磁头扫描中心与其相对应的磁迹中心重合，这时视

频磁头拾取的视频 FM 包络信号为最大，从而得到满意的视频信噪比。

但是，由于各种不同机型的录像机在电路和机械制造上存在差异，而同种机型的录像机在大批量生产中也存在调整偏差，如 x 值调整偏差，视频磁头安装高度偏差等，都导致不同机器录制在磁带上的磁迹图不尽相同。此外，磁带张力的变化，走带系统的微小差异，诸多因素均要引起重放时视频磁头扫描轨迹中心偏离视频磁迹中心，致使磁头拾取的视频包络信号减弱。理论上，当扫描轨迹偏离 1/2 视频磁迹宽度时，视频亮度信噪比下降 6dB。因此，必须针对上述原因造成的扫描轨迹偏移进行跟踪调节，以保证 VHS 录像机的互换性。

在三磁头录像机中，视频磁头缝隙宽度大于 VHS 标准视频磁迹宽度（49μm），如 VT—426 的视频磁头缝隙宽度为 65μm，而四磁头录像机为了兼顾 LP（长时间录放）方式的重放效果，将视频磁头缝隙宽度设计得较窄，如 VT—747 的 SP（标准录放）视频磁头缝隙宽度为 48μm。因此，重放时，一定量的跟踪偏移引起的图像质量的变化对三磁头机和四磁头机是不同的。在理想跟踪情况下，视频磁头扫描轨迹中心线应对准相应场视频磁迹中心线。当三磁头机的视频磁头扫描中心线偏离磁迹中心线 24.5μm 时（1/2 视频磁迹宽度），磁头扫描磁迹的有效覆盖宽度下降到 32.5μm，而四磁头机跟踪偏离为 1/2 视频磁迹宽度时，磁头扫描磁迹的有效覆盖宽度仅为 24μm。前者的视频信噪比明显地高于后者，因此，四磁头录像机跟踪要求更高。

2. 手动跟踪

早期的 VHS 录像机都采用传统的手动电位器跟踪调节法。在 VT—426 录像机中，跟踪调节电位器 RV703 与跟踪预置电位器 RT602 串联接入主导伺服跟踪单稳延时电路，RT602 在整机生产中调整，调节范围约为±1/2 视频磁迹宽度。RV703 为手动跟踪调节电位器，安装在前面板上，供用户自行调节之用，其跟踪调节量也约为±1/2 视频磁迹宽度。当重放图像出现噪声带时，通过人工调节 RV703 可变电位器的阻值，改变主导伺服跟踪单稳延时量，获得正确的磁迹跟踪。由于采用的是人工干预方式，其调整精度和便利程度是无法与自动跟踪相比的。

3. 自动跟踪控制原理

VHS 录像机自动跟踪依据反馈控制理论，系统检测被控量的大小，计算出被控量相对于期望值的偏差，采用磁带相位调节法，自动执行纠偏。以日立 VT—747 录像机为例说明。

VT—747E 自动跟踪电路见图 11—122。

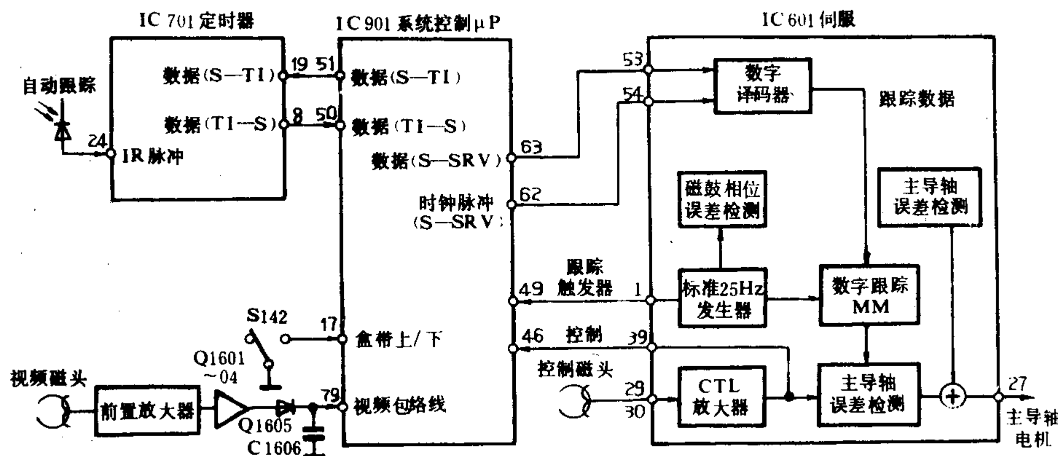


图 11—122 747E 自动跟踪电路方框图

(1) 跟踪系统的初始状态

根据系控微机 IC901 中的程序设置，当磁带落入盒仓后，IC901 发出初值数据码给伺服电

路IC601，在IC601中恢复跟踪单稳延时初值；初值相对于标准25Hz信号延时18.126ms，作为进入重放状态时控制主导轴相位的跟踪单稳预置延时量，参见图11—123。

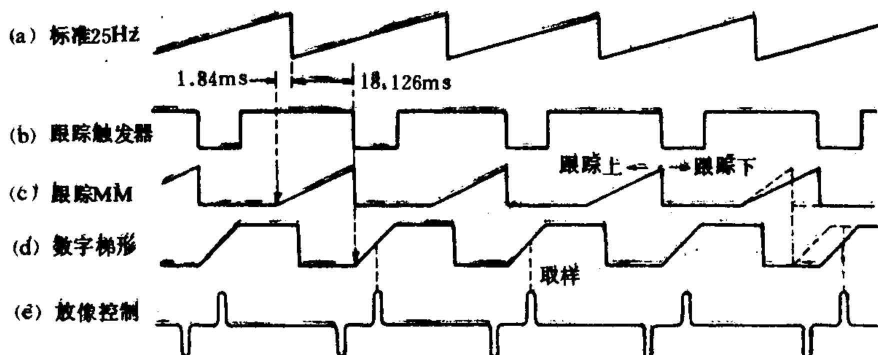


图11—123 跟踪控制时序图

(2) 包络电平检测

重放时，视频磁头拾取的磁迹信号送入前置放大器进行信号处理，然后经Q1601～Q1604进行放大，并由Q1605检波，成为反映视频FM信号大小的直流电压送至IC901⑲脚。系统按下节叙述的程序进行比较判别和跟踪调整，检测出最大包络电平。

(3) 以上搜索、下搜索方式进行比较判别

一旦自动跟踪开始，先执行上搜索过程。参见图11—124，IC 901采用462μs的单步间隔逐次减小以18.126 ms为初值的跟踪单稳延迟时间。在单步执行中进行包络电平比较，取大值存入内存；下一个单步中包络电平再与存入的大值比较，仍取大值存入内存，直至IC 901判定包络电平为上搜索过程中最大值的90%，或单稳延时达极限值5.126ms(18.126ms－13ms)时，系统立即进入反方向的下搜索。下搜索以462μs的单步增加跟踪单稳延时，当判定包络电平到达整个搜索过程中最大值的90%或单稳延时到达极限值31.126ms(18.126ms＋13ms)时，搜索停止。此刻内存中包络电平的最大值就是最终的期望值，系统选择出了最佳跟踪延时量。

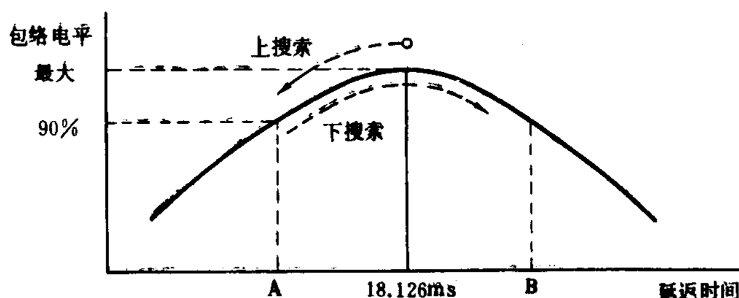


图11—124 自动跟踪的上搜索、下搜索操作

(4) 跟踪延时执行

IC901由⑥③脚向伺服电路发出最佳跟踪延时数据码，由IC601⑤③脚进入数字译码器译码。数字译码器输出跟踪延时调节量，改变跟踪单稳相对于标准25Hz信号的延时。跟踪单稳的下降沿又控制了数字梯形波的相位，因此CTL脉冲在数字梯形波斜边上的取样电平随之改变。由取样电平决定的主导相位伺服环路的误差控制电压纠正主导轴电机旋转相位，调整磁头磁带相对位置，系统进入最佳跟踪状态。自动跟踪调整结束后，显示屏上的自动跟踪标志消失，但是自动跟踪系统在IC901内部程序的支持下，仍密切监视重放过程中包络电平的变化，随时准备再次启动。

(5) 自动跟踪的启动方式

① 人工启动：重放时操作者按下红外遥控器上的自动跟踪按键，系统立即开始自动跟踪。

② 自动启动：

a)磁带落入带盒仓后，带盒仓状态检测开关S142的状态变化信息送入IC901⑰脚，进入初始状态，待收到重放控制信号时立即启动。

b)当自动跟踪完成后，若IC901判定重放过程中包络电平＜期望值的81%；并且下降持续时间到达设定值(SP方式：4s，LP方式：7s)时，自动跟踪再次启动。

c)当重放方式从LP向SP转换时，跟踪必然发生偏移。由于SP视频磁头缝隙比LP的宽，即便是SP方式跟踪有一定程度的偏移，其包络电平仍比LP时的大，单从包络检测无法判定是否正确跟踪，因此，由LP向SP的状态转换信息重新启动自动跟踪。

为了方便用户和简化程序，跟踪调整完毕后，IC901不受加载、卸载、停止、快进、倒带转换状态的影响，仍保存原有的跟踪数据。

上述的自动跟踪技术受设计原理上的限制，纠偏速度不够迅速，无法纠正视频磁迹非线性引起的跟踪误差，当一次自动跟踪过程完成后，系统就确定了最佳跟踪延时量，只有当跟踪偏离超出允许范围，且偏离持续一定时间(秒级)才再次启动。对于一场磁迹(20ms)中包络电平的变化不能作出反应。我们知道，跟踪过程实际上是调节旋转中的视频磁头与运行中磁带上的磁迹的相对位置，所以，跟踪调节也可用改变旋转磁头扫描时的瞬时高度实现。这种方式用于广播电视业务用录像机中。如SONY的BVU820就采用这种方式，称为AST(自动扫描跟踪)技术。但是，其价格昂贵、系统复杂。家用录像机受性能价格比的制约，采用了低成本的磁带位置调节法，虽有不足之处，但较之手动跟踪调节法已前进了一大步。自动跟踪技术的应用，使录像机使用更加方便，跟踪效果更好，随着科学技术的发展，VHS自动跟踪技术一定会更加完善。

11.8.3 747E重放NTSC制式兼容技术

VT—747E(以下称747E)录像机，可以和多制式彩色电视机连接，用4.43NTSC制式(以下简称4.43N制)电视机重放NTSC节目磁带，也可以和PAL制式电视机连接，收看重放的NTSC磁带。747E用后面板的电视机适配开关S3504来适应电视机的类型，而重放时节目制式选择是自动进行的。

1. 录像机彩色电视制式概述

黑白电视制式通常以每帧扫描行数、每秒扫描场数、信道频带宽度以及隔行扫描方式等特征作为主要标志。对于目前彩色电视广播的三大制式NTSC、PAL和SECAM制来说，都采用了与黑白电视兼容的亮度信号。除了上述黑白电视制式特征以外，主要体现在两个色差信号对副载波的调制方式上，发送端和接收端根据调制方式约定某种特定的信号处理方法。表11—33表示了电视三大彩色制式在VHS录像机记录重放的主要制式特征。

从表中可以看到：

N制和PAL电视制式在很多特性方面都不一样，例如：视频占有频带宽度、电视射频频道宽度、伴音载频、行频和场频等都不同。另外，NTSC色副载波f_{SC}和行频f_H采取1/2行频间置。$f_{SC}=455/2f_H=3.58$MHz，而PALf_{SC}是1/4行频间置，$f_{SC}=4.43$MHz。

NTSC色度信号采用Q、I正交色度信号轴传送，Q、I坐标系与U、V坐标系有33°的夹角，而PAL采用U、V信号轴。

N制副载波频率相位是恒定的，而PAL副载波频率是U分量相位连续，V分量相位逐行倒相180°。

N制色同步信号相位是不变化的，而PAL的色同步信号相位和U、V分量对应，由衡定相位分量和逐行倒相分量两部分组成。

从表中还可以看到，由于N制和PAL电视制式不同，VHS录像机在记录/重放视频信号时，在不同制式的信号处理上采用不同的技术措施，形成了NTSC和PAL制式在录像机制式上

表 11—33

主要彩色电视信号和 VTR 制式

制式特征	规格 \ 制式名称		3.58NTSC	4.43NTSC	PAL I.D	MESECAM	SECAM
彩色电视制式规格	彩色制式		NTSC	NTSC	PAL	SECAM	SECAM
	电视制式		M	M	I、D	B/G	L
	扫描行数		525	525	625	625	625
	场频(Hz)		59.94	59.94	50	50	50
	正常视频带宽(MHz)		4.2	4.2	I5.5 D+6.0	5.0	6.0
	频道占有带宽(MHz)		6.0	6.0	8	B7.0 G8.0	8.0
	音频载频相对视频载频(MHz)		+4.5	+4.5	I+6 D+6.5	+5.5	+6.5
	视频信号调制极性		负	负	负	负	负
	音频调制方式		FM	FM	FM	FM	FM
	帧频(Hz)		29.94	29.94	25	25	25
	行频 f_H(kHz)		15.73425	15.73425	15625	15625	15625
	色度副载波频率(MHz)		$3.57954506\left(\frac{455f_H}{2}\right)$	$3.5795406\ \frac{455f_H}{2}$	$4.43361875\left(\frac{1135}{4}+\frac{1}{625}\right)f_H$	B−Y:4.250000 R−Y:4.40600	B−Y 4.250000 R−Y 4.406000
	色度信号矢量轴		I、Q	U V		B−Y	
	色度信号副载波相位		与($E_B'-E_Y'$)轴相差180°	逐行倒相			
相应VTR制式规格	彩色副载波频率(kHz)		629.37($40f_H$)	629.37($40f_H$)	626.95($40.125f_H$)	B−Y 654 R−Y 810	B−Y 1062 R−Y 1101
	走带速度(mm/s)	SP	33.35	33.35	23.39	23.39	23.39
		LP	16.68	16.68	11.70	11.70	/
		EP	11.12	11.12			
	鼓电机转速(r/min)		1800	1800	1500	1500	1500
	视频磁迹宽度(μm)		58	58	49	49	49
	亮度信号调制频率(MHz)	白电平	4.4	4.4	4.8	4.8	4.8
		同步顶	3.4	3.4	3.8	3.8	3.8
	色度信号旋转方式	CH1	+90°/H	+90°/H	不变	不变	不变
		CH2	−90°/H	−90°/H	−90°/H	不变	不变

的新的区别。

N 制的磁鼓转速是 1800r/min，而 PAL 制是 1500r/min。磁带的走带速度两者也不同，前者为 33.35mm/s，后者是 23.39mm/s。

亮度信号的 FM 调制频率不一样，N 制 FM 载频较 PAL 制低，前者从同步头到白电平对应的载频是 3.4MHz～4.4MHz，后者是 3.8MHz～4.8MHz。

色度信号记录时降频处理主变换器使用的本振频率不一样，前者选用 4.21MHz，后者选用 5.06MHz。重放 NTSC 磁带时如果用 5.06MHz 本振频率去处理，色度信号升频后就产生 4.43N 制的信号。

记录/重放时色度信号的相位处理方式不一样。PAL 制色度信号相位处理是，CH1 磁迹相位不变，而 CH2 磁迹逐行移相－90°。这样处理的结果是使记录的色度信号相邻磁迹的频谱相间 1/4 行频；N 制相位处理是，CH1 逐行移相＋90°，CH2 逐行移相－90°。这样处理的结果是记录色度信号相邻磁迹的频谱相间 1/2 行频。

上述 N 和 PAL 在制式上的差别，在 747E 中并不是每一项都作出制式上的变换处理的，因为家用录像机的成本不能显著增加，特别是有一些差别，只要在使用上人眼视觉能接受，那么 N 制信号在这些方面不妨不作处理。如下列一些问题是可以二者兼顾的。

① 对于前面所述差别的视频频带、电视频道及伴音载频主要是与电视接收、解调电路有关，这方面 N 制和 APL 制是不能兼容的，要兼顾就要增加一套高频调谐器和中频解调电路。所以 747E 不设置这些电路，不能记录 N 制电视信号。

② 对于色度信号，N 制用 Q、I 正交色度信号轴，而 PAL 制用 U、V 轴，因为二者有固定的相位关系，所以当用 PAL 电视机解调 Q、I 分量以后，虽然色调不对，但是通过调节色调电位器，可以大致弥补这个问题。

③ 对于亮度信号，FM 载波频率不同，N 制用 3.4MHz～4.4MHz 频偏，而 PAL 制用3.8 MHz～4.8MHzFM 解调器解调时，载波频率的平移仅使解调以后整个屏幕绝对灰度等级发生变化，屏幕内各部分相对灰度等级不变，所以可以用调节电视机的灰度控制得以解决。

④ 色度信号升频本振信号的产生，在录像机中是采用 AFC 和 APC 二个环路来实现的，制作困难，因此 747E 在进行 N 制重放升频处理时，使用了 PAL 的 5.06MHz 本振信号，所以经 747E 重放 NTSC 节目磁带输出的是副载波为 4.43MHz 的 N 制信号，它要用 4.43MHzN 制式的电视机或监视器来解调收看。

⑤ 对于前述的行频、场频及磁鼓转速三项，N 制和 PAL 制的伺服电路经过转换工作状态来实现制式的兼容。

⑥ 对于前述的色度矢量的相位处理不同，N 制和 PAL 制的色度重放电路经转换工作状态来实现。

⑦ 使用 4.43MHz N 制电视机来监视重放 N 制信号时，因为电视机本身是 N 制解码电路，所以电视机能够接收录像机输出的 N 制信号。但是对于使用 PAL 制电视机来看 N 制重放节目，情况就不同了。PAL 制信号解码器对上述 N 制色度信号和色同步信号的相位特征是不能接受的，所以 747E 采用了特殊的开关电路，把 NTSC 制信号变成 4.43 伪 PAL 制信号，使 PAL 电视机解码电路能接受。

综上所述，747E 要实现兼容重放 N 制磁带必须在电路上解决下列 4 个技术问题：

① 录像机应能自动识别重放磁带的电视制式，根据不同电视制式输出控制信号，使视频电路和伺服电路、显示电路作出相应的转换。

② 伺服电路应将磁鼓伺服、主导轴伺服完成 PAL 至 NTSC 状态的转换。

③ 色度重放电路完成 N 制和 PAL 制的转换，色度升频电路本振信号色矢量旋转方式的转换、梳状滤波器的转换。

④ 完成 4.43N 制向 4.43 准 PAL 制的转换。

2. NTSC、PAL 制式自动检测、速度检测电路

前面讲控制系统电路中曾介绍了 PAL 制 SP/LP 速度自动检测办法。在 PAL 制和 SECAM 兼容机中，因为只有二种走带速度(SP、LP)，所以速度比较判别电路简单。在 747E 录像机中，因为速度种类较多：

PAL 制 SP 带速是 23.39mm/s，LP 是 11.70mm/s；

NTSC 制 SP 带速是 33.35mm/s，LP 是 16.68mm/s，EP 是 11.12mm/s。这样，情况就比 427E 复杂，它要将速度判别的类别扩大到 5 种，速度判别范围分得细了，测速精度要求提高了。但是基本原理还是一样的。微处理机通过速度检测，根据磁带的走带速度来自动判别重放的磁带是属于 NTSC 制还是 PAL 制。微处理机输出信号去控制伺服电路、视频电路，完成重放的制式转换。PAL 制和 SECAM 制由于走带速度相同，所以仍采用 427E 的制式检测方式，完成 PAL 和 SECAM 的自动转换。

目前 VHS 录像机的重放速度检测，主要有二种方法，绝对检测法和相对检测法。

(1) 绝对检测法

427E 章节所介绍的重放速度检测判别法，就是属于绝对检测法。它先设定一个磁带走带速度，例如 PAL 制 SP 方式标准走带速度为 23.39mm/s，如果重放的磁带正好是 PAL 制 SP 磁带，那么 CTL 控制磁头拾取的 CTL 信号频率就是 25Hz，如果不是 PAL 制 SP 磁带，那么 CTL 信号频率就不是 25Hz。根据磁带节的种类不同，CTL 信号频率就不一样。表 11—34 是在此种情况下各类磁带所拾取的 CTL 信号的频率。

表 11—34　设定走带速度下各种磁带中拾取的 CTL 频率

CTL 频率(Hz) \ 设定速度 磁带种类		PAL SP23.39(mm/s)	NTSC SP33.35(mm/s)
PAL	SP	25	35.6
	LP	50	71.3
NTSC	SP	21	30
	LP	42	60
	EP	63	90

将 CTL 磁头在磁带上拾取的 CTL 信号输入控制系统微处理机的 CTL 检测口，微处理机内部计数器通过测量 CTL 频率就可以自动判别重放的是哪一种磁带，从而输出制式、速度控制信号去控制整机进入相应的电视制式和选取相应的走带速度。

当然微处理机的实际编程还要考虑很多实际的情况。例如，有效判别时间的选取，判别范围的确定，以及在搜索(5 倍速)和快搜(9 倍速)情况下的判别，情况比较复杂。但是其基本原理和 427E 所介绍的速度检测过程相同。

(2) CTL 相对速度判别法

主导轴电机带动磁带运行，CFG 脉冲个数代表了电机转速。理想状态下，主导轴的线速度和磁带运行长度相等，因此 CFG 脉冲个数就代表了走带磁带的长度，而单位长度磁带的 CTL 磁迹个数和磁带上记录信号的制式、走带速度有确定的关系。CTL 相对速度判别法就是根据上面原理，将 CFG 信号、CTL 信号输入控制系统微处理机，计算 CFG/CTL 的比值，根据不同的比值，微处理机按内部程序查表判别重放磁带上信号的制式和速度。

747E 的速度和制式判别功能由微处理机 IC901 完成。伺服系统的 CTL、CFG 信号作为判别原始依据分别输入 IC901㉖、⑲脚，经过微机判别后的速度控制信号 SP、LP、EP 分别从 IC901⑩、⑪、⑫脚输出，制式控制信号由 IC901(61)脚输出，分别去控制视频、音频和伺服电路，作相应的状态转换。

3. 伺服电路的制式转换

为叙述简单起见，这里仅在 SP 标准速度范围内讨论。NTSC 制磁鼓的转速是 1800r/min，走带速度是 33.35mm/s；PAL 制磁鼓转速是 1500，带速是 23.39mm/s。伺服电路的制式转换应完成上述磁鼓转速和磁带运行速度的转换。图 11—125 是 747ENTSC 方式下的伺服原理框图。图中 IC601 为伺服系统主要集成电路，磁鼓、主导轴伺服电路都集成在该电路内。NTSC、PAL 制转换控制输入该电路的⑲脚。IC651 为 3.58MHz/4.43MHz 时钟信号发生器，根据制式不同，它分别向 IC601㊷脚输出 3.58MHz 或 4.43MHz 晶振信号，作为 IC601 数字伺服电路的时钟信号。IC1651 为磁鼓电机驱动电路，IC01 为主导电机驱动电路。在 N 制状态下，IC601⑲脚、IC651①脚为高电平输入，IC601 就转换成 N 制伺服状态。IC651 向 IC601 输送 3.58MHz 时钟信号，其伺服电路原理和 PAL 制相同，仅参考标准信号和比较信号的数值发生转换，见表 11—35。

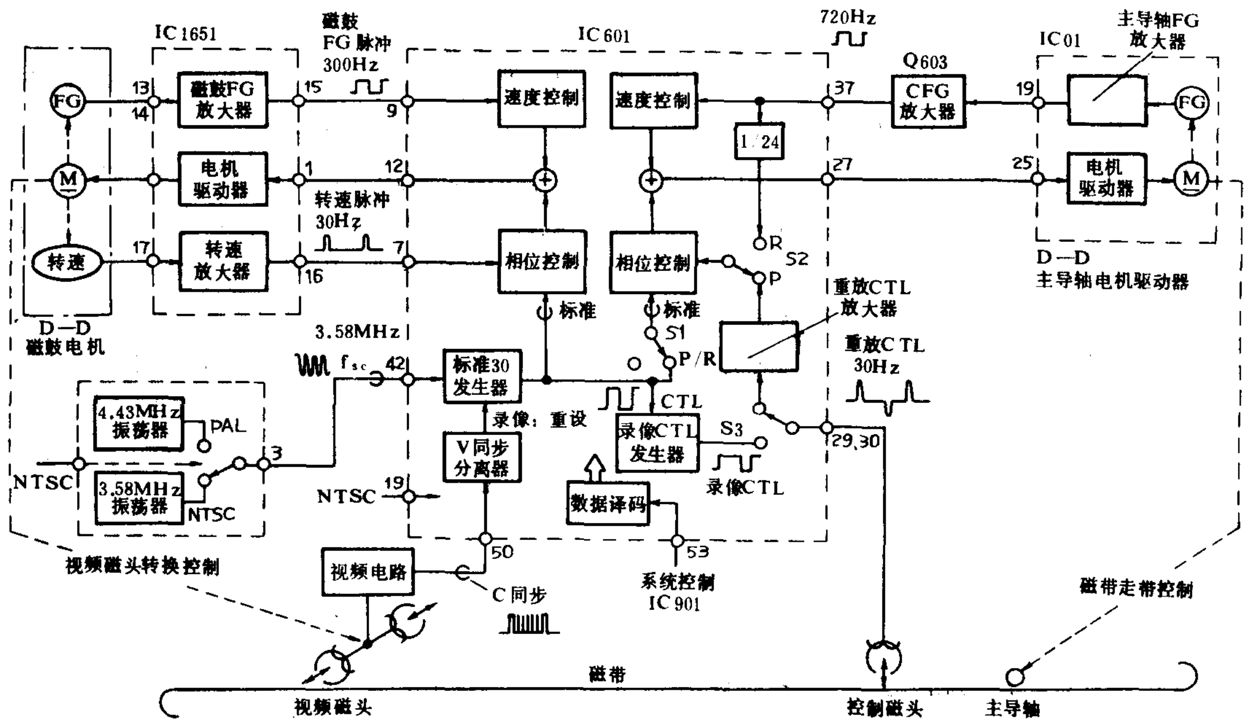


图 11—125 NTSC 方式下伺服电路的组成

表 11—35　　NTSC 方式的标准信号与比较信号

电机	环路	状态	标准信号	比较信号
磁鼓	相位	记录	1/2 场同步	测速脉冲(TACH PULSE:30Hz)
		重放	REF 30Hz	
	速度	记录/重放		磁鼓 FG(CYL FG:360Hz)
主导轴	相位	记录	REF 30Hz	主导轴 FG(C.FG:30Hz)
		重放	REF 30Hz	控制脉冲(CTL PULSE:25Hz)
	速度	记录/重放		主导轴 FG(C.FG)(SP:720Hz,EP:240Hz)

注：在 NTSC 方式下不能记录。

4. 用 4.43MHzN 制电视机作监视器重放 NTSC 磁带的技术措施

由于场频不同，在 N 制情况下，伺服电路产生的磁头开关脉冲从 25Hz 变成 30Hz 供给预放电路。

4.43N 制在亮度通道电路中未进行制式转换，制式转换主要在色度重放电路。

PAL 制降频以后的色度信号是经过相位移相处理的，CH1 记录磁迹的色信号相位不变，而 CH2 逐行移相－90°。NTSC 制中相应的色度信号相位处理是 CH1 逐行移相＋90°，CH2 逐行移相－90°。在重放时色度信号升频过程中要作恢复处理。747E 将制式转换控制信号输入 IC301 ㊱脚，以此来控制集成电路内部的 90°相位移相器改变工作状态，按 N 制升频时恢复色度信号相位的要求，产生 5.06MHz 本振信号，CH1 逐行移相＋90°，而 CH2 逐行移相－90°，使重放时 N 制色度信号的相位还原。这里特别要提一下，在正式的 NTSC 录像机中，色度信号升降频的本振信号是 4.21MHz，因此还原后的色度信号副载波频率是 3.58MHz(4.21－0.629MHz)。但是 747E 是以 PAL 制为主要设计制式，为了降低成本，色度信号升降频电路做成和 PAL 制兼容形式，沿用了 PAL 制的升降频本振信号 5.06MHz，仅移相电路作了相应的处理。因此重放输出的视频信号色副载波频率不是 3.58MHz，而是 4.43MHz。由此产生了 4.43MHz 色副载波、调制方法是 NTSC 的电视制式，它没有进行逐行倒相处理，要求用相应的 4.43NTSC 制监视器来解调处理。

VHS 录像机用梳状滤波器来滤除色度信号的邻近磁迹串扰，在 PAL 制中，使用 2H 延时线做成的梳状滤波器。在 NTSC 制中则不然，由于 NTSC 制副载波是行频的 455/2 倍，记录/重放时色信号的相位处理方式使得主信号和相邻磁迹的串扰信号频谱成 1/2 行频间置。因此使用 N 制 1H 延时线做成的梳状滤波器来滤除邻近磁迹串扰信号。理论推导可知，747E 的 2H 延时线群延时特性是 128μs，相延时特性是 127.886μs，1H 延时线的延迟时间是 63.556μs。

5. 把 4.43NTSC 制信号变换成 4.43 准 PAL 制信号，使 PAL 制电视机能收看该节目

图11—126是747E 重放色度电路方框图。在重放 PAL 制磁带时 IC 301㊱脚为中电平(2.5 V)集成电路把627kHz 低载频 PAL 色度信号变成4.43MHz PAL 色度信号。在 N 制情况下，IC 301㊱脚为低电平(0V)，集成电路把第③脚输入的629kHz 低载频 NTSC 色度信号升频成4.43 MHz 的 N 制色度信号，在升频过程中还完成记录时相位旋转处理的恢复过程。

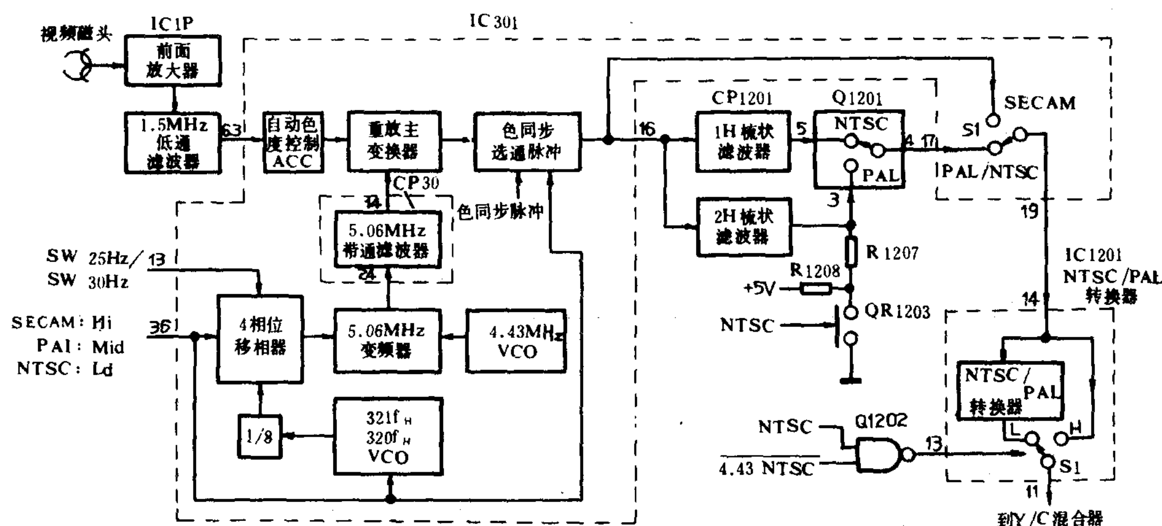


图 11—126 色度重放电路

IC1201 是 NTSC/PAL 转换器，为了适应 PAL 电视机色度解码的需要，转换过程如下：

输入 IC1201⑭脚的 N 制色度信号的副载波是 4.43MHz，它是相位连续的基准信号。这是 PAL 制彩电所不能接受的。电视机的 PAL 色度解调器要求色同步信号有二部分组成，一部分相位连续，一部分逐行倒相，在＋135°和－135°之间逐行相位突变。IC1201 利用“－45°和“＋45°”二个移相器和电子开关，把 N 制恒定的 180°相位副载波变成逐行＋135°和－135°变换的波形。具体电路原理如下(见图 11—127)。

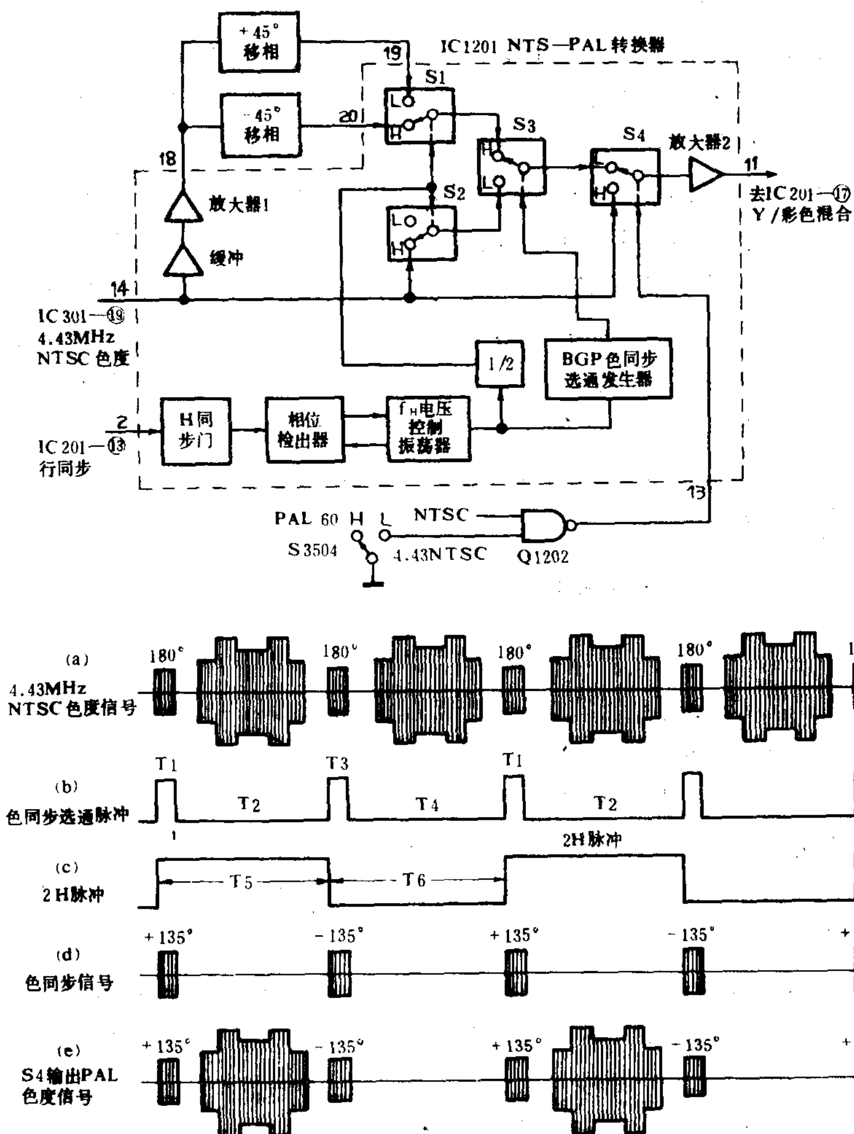


图 11—127 NTSC—PAL 色度信号转换器

当重放 NTSC 磁带，而且连接 PAL60 电视机时，用户将 S3504 开关拨向 PAL60 位置，与门 Q1202 的输出为低电平，通过 IC1201⑬脚，控制该电路，起到 N 制到 PAL 制的变换过程。

在亮度电路中分离出来的行同步信号，从 IC1201②脚输入，经过行同步门、相位检出器和 f_H 电压控制振荡器，产生波形好的 f_H 信号。该信号分二路：其一通过双稳态触发器变成如图 11—127(c)所示波形，即周期为二行(2H)的方形脉冲；其二通过 BGP 色同步选通发生器产生(b)所示波形色同步选通脉冲，分别去控制电子开关 S1、S2、S3 的动作。

由 IC301⑲脚输入 IC1201⑭脚的 4.43NTSC 制色度信号波形如(a)所示，经过缓冲放大，AGC 可控增益放大器 AMP1 以后，通过第⑱脚同时送到＋45°和－45°相位移相电路。原来 NTSC 制 180°相位的副载波经－45°移相器后相位变成＋135°，经＋45°移相器后变成＋225°，也就是－135°相位的副载波信号。这二路＋135°相位和－135°相位副载波都送到 IC1201 中的 S1 开关的两个输入端。S1 受 2H 方波脉冲的控制，脉冲高电平时选择 135°相位输出，低电平时选择－135°相位输出。这样，S1 就把 4.43N 制色度信号的色副载波相位逐行倒相 180°，其色同步头的副载波相位是在＋135°和－135°相位间逐行倒相的。而色差信号在 S1 的作用下也跟着逐行倒相变化了，这是不容许的。因此 S1 的输出进入 S3 开关，S3 受色同步选通脉冲的控制，由

S3 选出经处理后的色同步脉冲，删去色度信号。

PAL 制色度信号的 NTSC 行 U、V 相位都是不变化的，因此 PAL 制 NTSC 行和 4.43N 制的色度信号相位特征是相似的，所以 IC1201 将⑭脚输出的 4.43N 制信号通过 S2 输入 S3，去和 S1 产生的色同步合成，产生 PAL 制 NTSC 行信号（当然 Q、I 矢量轴没有变），而 PAL 制的 PAL 行中色度信号的 U 分量保持了原来相位，V 分量倒相了 180°。要把 N 制的色度信号完成这个转换，需要付出较大的代价，747E 采用了将这行的色信号删去的办法来解决上述矛盾。当 2H 脉冲为高电平时，IC1201⑲脚输入的信号输入开关 S3，和色同步信号合成，而当 2H 脉冲为低电平时，S2 开关输入端悬空。S3 仅输出包含了倒相信息的色同步信号。S3（再经 S4）的输出波形如图 11—127(e)所示。因此，该制式转换后的信号不是标准的 PAL 信号，而是伪 PAL 制信号。读者当然可以得出结论，这个信号是 PAL 电视解调器能够接受的信号。

S4 是作为 IC1201 的工作状态转换而设的，在不需要制式转换时，如重放 PAL 制信号或使用 4.43NTSC 电视机联接时，IC1201⑬脚输入高电平，开关 S4 将 IC1201⑭脚输入的信号不经转换，直接输出。

11.8.4 磁带剩余量显示

在用录像机录制电视节目时，常常想知道使用的磁带还剩余多少，还可用多长时间，747E 能计算出磁带的剩余量，将它转换成时间量（时、分、秒），在屏幕上显示（OSD）磁带剩余量。

1. 线性时间计数器

427E 在收带盘下装了带盘旋转传感器，以此来判断收带盘的旋转状态。根据收带盘旋转的圈数（角度），用计数器来显示磁带运行的位置。

但是磁带盒在录像机的工作过程中，供带卷的半径是变化的。供带盘旋转圈数和磁带运行长度不是线性关系。因此上述检测办法只能表示磁带的位置，不能表示磁带的长度。747E 采用计数 CTL 脉冲个数的办法来表示磁带位置，而 CTL 个数和磁带长度成线性对应关系（和走带速度 SP、LP 及制式有关），因此 747E 磁带计数器是线性计数器，它可以表示磁带的长度和位置。又由于录像机每秒经过的 CTL 脉冲个数是确定的整数值，因此磁带长度很容易被计数器变换成时间长度。747E 可以用二种刻度来表示磁带位置和长度：四位 10 进制值和时间时、分计数法。

2. 剩余时间显示原理

(1) 测量原理

磁带卷绕在磁带盒带盘上时，形成磁带卷的半径越大，其上卷绕的带子越多，在磁带厚度为一定值的情况下，通过计算带卷的半径（或面积），就可以确定磁带卷上的磁带长度。参见图 11—128，设：

供带侧磁带卷半径 R_S

供带盘卷盘半径 R_H

供带盘绕一周周期 T_S

收带侧磁带卷半径 R_T

收带盘卷盘半径 R_H

收带盘绕一周周期 T_S

磁带走带速度 V

磁带厚度 D

747E 在供带盘下面也装上霍尔传感检测器，通过带盘下面磁钢的旋转，由霍尔传感器检出脉冲电压，可以得知带盘的旋转状态。磁带在走带状态下，速度 v、CTL 周期都是恒定的；微机只要将收带卷的检测信号、CTL 信号输入微机，将前者的周期比上后者的周期就可以测出收带盘旋转的周期 T_S，那么，

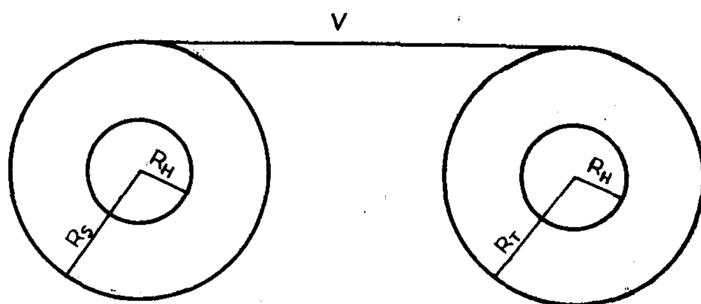


图 11—128　磁带剩余检测原理示意图

供带盘的周长：vT_S

供带盘的半径：$R_S=\dfrac{vT_S}{2\pi}$

供带盘的面积：$S_S=\dfrac{v^2T_S^2}{4\pi}-\pi R_H^2$

那么供带盘剩余的磁带长度为：

$$L=\frac{S_S}{D}=\frac{v^2T_S^2}{4\pi D}-\frac{\pi R_H^2}{D}$$

由于 v、D、R_H 都是已知的，测量出 T_S 的数值，微处理机就可以计算出供带盘剩余的磁带长度 L。

上述推导的只是原理，实际情况要比此复杂得多。由于磁带规格不是一种，目前比较流行的有，PAL 制用 E-240、E-180、E-120、E-60、E-30 等多种不同长度规格的磁带，它们的卷盘半径 R_H 是各不相同的，录像机必须自动检测出带盘半径 R_H，才能计算供带盘上的剩余量。

(2) 计算测量磁带的品种规格

747E 在收、供带盘下面都装上旋转检测传感器，通过计算二个带盘的旋转周期来计算、判断磁带的品种规格。

设某一种规格的磁带其收、供带卷的总面积是 S_0，总长度为 L，根据上面的推导有：

$$S_S=\frac{V^2T_S^2}{4\pi}-\pi R_H^2$$

同理，

$$S_T=\frac{V^2T_T^2}{4\pi}-\pi R_H^2$$

$$S_0=S_S+S_T=\frac{V^2}{4\pi}(T_S^2+T_T^2)-2\pi R_H^2$$

$$S_0=LD$$

$$LD+2\pi R_H^2=\frac{V^2}{4\pi}(T_S^2+T_T^2)$$

每一种规格的磁带有确定的磁带长度 L 和带盘半径规格 R_H，在走带状态下磁带速度是确定的，因此 747E 测量在走带状态下的 T_S、T_T，然后计算出 $T_S^2+T_T^2$，就能确定 L、R_H 的值。L、R_H 确定以后，747E 就可以计算出磁带的剩余量。

也可以将磁带剩余量换算成时间长度。

$$H=\frac{L}{v}=\frac{v}{4\pi D}T_S^2-\frac{\pi R_H^2}{Dv}$$

从上面的分析可知，磁带剩余量显示，必须限于747E录像机内部程序已经计算好编程的规格化磁带，对于非标准磁带机器是无能为力的。

3. 剩余磁带显示的操作

剩余磁带必须在录/放状态开始15秒钟以后才能操作，方法是把遥控器上的CONNT/REMAIN钮按住不放，显示器上就会出现“□—：——”的图形，紧接着出现“□×：××”的剩余磁带时间量。

如果选择“OSD ON”模式，剩余磁带显示还会出现于电视荧光屏的左下角。

11.8.5 快速显像功能

427E从停止状态到重放状态要2S～3S时间。在此过程中完成磁鼓的起动过程、磁带从预加载状态转到走带状态。从快进状态变到重放状态时间更长，先要制动主导轴电机和主制动器，使磁带停止下来，然后进行停止到重放状态的变换。在停止状态，从按重放键到电视机上出现稳定的图像为止通常称作录像机的显像时间。427E是具有半加载状态的机器，在显像时间方面，它比VT-136以前的机器都要快，大约从5S缩短到3S。而747E录像机的显像时间更大大缩短。747E和427E相比，在机心结构和各子系统形态在各种工作状态下有所不同，主要有：

① 747E取消了预加载状态。在停止状态，导带滚轮把磁带拉出来绕到磁鼓上，已经使磁带进入走带通道，成“准加载”状态。在该状态，磁鼓已处于稳定的旋转状态。压带轮虽然没有压上主导轴，但是成预压状态，离主导轴很近。停止状态和重放状态比较，磁带在停止状态是松弛的。747E的张力臂在停止状态没有处于加载状态，所以和重放状态不同，磁带没有收紧。

② 在快进和倒带状态，磁带也是处于“准加载”状态，主导轴电机驱动收带盘带动磁带快进。

③ 从停止、快进和倒带状态向重放状态转换过程中，747E不存在磁鼓起动旋转及磁带加载过程。只要压带轮、张力杆从准加载位置变到加载位置，就能拉紧磁带，带动磁带前进。因此，747E的状态变换速度很快，仅1s左右。

上述机心动作的变化，747E采取以下相应技术措施。

一方面微机控制系统对伺服系统、加载电机和主导轴电机的控制要根据上述要求作出相应的变更。

而另一方面，在机心结构设计上，也采取了如下几项具体措施：

① 取消半加载臂，取消半加载动作；

② 加粗导带滚轮的直径，以适应在加载状态下，磁带快进、倒带时导带滚轮的运转。

③ 在主导电机通过滑动皮带驱动带盘旋转的驱动机构中，减小F·R摆动齿轮的直径，在摆动齿轮和带盘之间各增加一对中间齿轮，其目的是缩短F·R摆动齿轮转换状态时摆动的距离，改变F·R摆动齿轮和带盘齿轮之间的传动比，提高驱动转矩。

11.8.6 开关电源

747E采用自激振荡式开关电源。它将电网工频交流电整流后通过自激振荡器变成超音频交流电。它用变压器降压，提高了效率，用反馈元件控制自激振荡器的输出幅度，以得到稳定的次级电压输出。747E电源振荡频率在50kHz～100kHz范围内变化(随负载情况而定)。选用场效应管作功率振荡管，具有开关特性好，输入阻抗高的优点。747E初、次级电流反馈控制选用光电耦合器件，使初、次级有良好的隔离(见图11—129)。其工作原理如下。

Document generated by Anna’s Archive around 2023-2024 as part of the DuXiu collection
(https://annas-blog.org/duxiu-exclusive.html).

Images have been losslessly embedded. Information about the original file can be found in PDF attachments. Some stats (more in the PDF attachments):
{
"filename": "5a6255So5b2V5YOP5py65Y6f55CG6K+m6KejXzExNDgyOTU1LnppcA==",
"filename_decoded": "\u5bb6\u7528\u5f55\u50cf\u673a\u539f\u7406\u8be6\u89e3_11482955.zip",
"filesize": 48469153,
"md5": "d67de37874c7aca3cf254ea3981a0669",
"header_md5": "674040247d9b2e2b619c741337e07c12",
"sha1": "68a9fabab035bb09eb094fca684c2e0e9b8a326a",
"sha256": "bb6f8ba85ed5e2db323eb71a3116e5f3acd264661e989d5967db72e74c0b3c00",
"crc32": 3222943221,
"zip_password": "",
"uncompressed_size": 49896200,
"pdg_dir_name": "\u255d\u2565\u2559\u251c\u252c\u255d\u2567\u00b1\u2557\u00b7\u2558\u00a1\u2514\u03c6\u2567\u03a9\u255c\u0393_11482955",
"pdg_main_pages_found": 472,
"pdg_main_pages_max": 472,
"total_pages": 482,
"total_pixels": 3172613443,
"pdf_generation_missing_pages": false
}